



Facultad de Ingeniería
Ingeniería de Minas

Tesis:
**“Reducción y Optimización de Costos en
Perforación y Voladura Implementando
Barrenos de 16 Pies para Labores de
Desarrollo en la U.O. Inmaculada -
Sociedad Minera Ares S.A.C.”**

**Randal Concha Cuadros
Edwin Tarifa Huillca**

Para obtener el Título Profesional de:
Ingeniero de Minas

Asesor:
Mg. Javier Martin Montesinos Chávez

Arequipa - Perú

2020

DEDICATORIA

La tesis la dedicamos a nuestro Señor Creador, quien nos brinda con su gracia divina, la fortaleza y perseverancia con las que nos motiva a seguir adelante en todo aspecto de nuestras vidas.

A nuestros familiares por su apoyo incondicional hacia nosotros. Sabemos que todo esfuerzo brindara sus frutos en un futuro no muy lejano.

Randal y Edwin

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias por ser siempre la fuente de motivación e inspiración en nuestra de crecimiento profesional. A quien fue nuestro asesor durante el proceso de elaboración de tesis, por su paciencia y conocimientos para la culminación de nuestro trabajo de tesis.

A quienes fueron docentes que nos acompañaron en nuestra vida académica de nuestra alma mater, facultad de Ingeniería de Minas, quienes nos brindaron sus conocimientos y experiencias en toda nuestra preparación académica. A quienes fueron nuestros compañeros de aula, que sin los cuales la realización de la presente tesis no hubiera sido posible. A los trabajadores de la mina Inmaculada, quienes nos proporcionaron todo tipo de facilidades para la recolección de los datos para la elaboración de nuestra tesis.

RESUMEN

El objetivo de la presente tesis es determinar la elaboración de la nueva malla de perforación de 16 pies, para sustituir la ya existente malla de perforación de 12 pies, y así determinar la viabilidad económica en el cambio de malla de perforación para labores de desarrollo en la U.O. Inmaculada. La metodología de la presente tesis consistió en la determinación de las propiedades geomecánicas del macizo rocoso, luego se realizó la evaluación técnica- económica de las actividades de perforación y voladura en las labores de desarrollo (“toma de datos en campo”) para la malla ya existente de 12 pies, posteriormente se implementó la malla de 16 pies en dichas labores realizándose también una evaluación técnica-económica de dicha malla. Para culminar se elaboró un cuadro comparativo de los datos obtenidos en los análisis técnico-económica de las dos diferentes mallas.

Se determinó que la roca predominante en la zona de estudio es de tipo (IIIB) en su mayoría “Andesítica” con un GSI de 50 y un RMR de 55 en promedio. Los resultados obtenidos luego de la comparación entre las dos mallas de perforación son las siguientes:

- Avance por voladura en la malla 12 pies es de 3.19 metros por disparo, siendo el avance en la malla de 16 pies de 4.29 metros.

- Eficiencia por voladura en la malla de 12 pies fue de 96.84% contra un 97% en la malla de 16 pies.
- El volumen roto en la malla de 12 pies fue de 56.58 metros cúbicos contra los 76.05 metros cúbicos obtenidos de la malla de 16 pies.
- La tonelada rota para la malla de 12 pies fue de 144.84TM contra los 194.69TM de resultado de la malla de 16 pies.
- Costo de acero x disparo en la malla de 12 pies fue de 810.866(\$/m) contra 1051.247 (\$/m) de la malla de 16 pies.
- Costo de aceros x pies perforados resulto en la malla de 12 pies de 0.057 dólares contra 0.05 dólares en la malla de 16 pies.

Para concluir la presente tesis busca incentivar en los estudiantes la elaboración e implementación de nuevas técnicas para la realización voladuras controladas, aplicando una malla de perforación que genere una mayor rentabilidad.

Palabras clave: Malla de perforación, avance, Minería subterránea.

SUMMARY

The objective of this thesis is to determine the development of the new 16-foot drill mesh, to replace the existing 12-foot drill mesh, and thus determine the economic feasibility of changing the drill mesh for development work in the Immaculate UO. The methodology of this thesis consisted of determining the geomechanical properties of the rock mass, then the technical-economic evaluation of drilling and blasting activities was carried out in development work. ("data collection in the field") For the existing 12-foot mesh, the 16-foot mesh was subsequently implemented in these tasks, also carrying out a technical-economic evaluation of said mesh. To conclude, a comparative table of the data obtained in the technical-economic analyzes of the two different meshes was prepared

The predominant rock in the study area was determined to be type (IIIB), mostly "Andesitic" with a GSI of 50 and an RMR of 55 on average. The results obtained after the comparison between the two drill screens are as follows:

- Advance by blasting on the 12-foot mesh is 3.19 meters per shot, the advance on the 16-foot mesh being 4.29 meters.
- Blasting efficiency in the 12-foot mesh was 96.84% vs. 97% in the 16-foot mesh.

- The volume broken in the 12-foot mesh was 56.58 cubic meters against the 76.05 cubic meters obtained from the 16-foot mesh.
- The broken ton for the 12-foot mesh was 144.84TM versus 194.69TM as a result of the 16-foot mesh.
- Steel cost per shot in the 12-foot mesh was 810,866 (\$ / m) against 1051,247 (\$ / m) in the 16-foot mesh.
- Steel cost x drilled feet resulted in the 12-foot mesh of \$ 0.057 versus \$ 0.05 in the 16-foot mesh.

To conclude this thesis, it seeks to encourage students to develop and implement new techniques for carrying out controlled blasting, applying a drill mesh that generates greater profitability.

Keywords: Perforation mesh, Advance, Underground mining.

INDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
SUMMARY	v
INDICE DE TABLAS	xii
INDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE ANEXOS	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
CAPÍTULO 1	1
GENERALIDADES	1
1.1 Descripción del Problema.....	1
1.1.1 Pregunta Principal.....	1
1.1.2 Preguntas Secundarias.....	2
1.2 Objetivos de la Investigación.....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Hipótesis	3
1.4 Justificación e Importancia.....	3
1.4.1 Justificación	3
1.4.2 Importancia	3
1.5 Limitaciones del Trabajo.....	4
CAPÍTULO 2	5
MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	5
2.1 Metodología de la Investigación del proyecto	5
2.1.1 Tipo de Investigación.....	5
2.1.2 Nivel de Investigación.....	5
2.1.3 Descripción de la Investigación	5

2.1.4	Población y Muestra.....	5
2.2	Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos.....	6
2.3	Validez.....	6
2.4	Plan de Recolección y Procesamiento de Datos.....	6
2.5	Variables	7
2.5.1	Variable Independiente	7
2.5.2	Variable Dependiente.....	7
2.6	Operacionalización de Variables	7
CAPÍTULO 3.....		8
MARCO TEÓRICO.....		8
3.1	Antecedentes	8
3.1.1	Internacional	8
3.1.2	Nacional	9
3.1.3	Local.....	10
3.2	Marco Conceptual.....	12
3.2.1	Perforación	12
3.2.1.1	Sarta de Perforación	12
3.2.1.2	Acoplamiento de Rotación	13
3.2.1.3	Barra.....	13
3.2.1.4	Estabilizador	14
3.2.1.4.1	Triconos.....	15
3.2.1.5	Diseño de una Malla de Perforación	15
3.2.1.5.1	Longitud de perforación.....	15
3.2.1.5.2	Diámetro de taladro	15
3.2.1.5.3	Número de taladros	16
3.2.1.5.4	Índice de Calidad de Roca.....	17
3.2.1.5.5	RMR (Rock Mass Rating).....	17

3.2.1.6	Parámetros de Perforación.....	18
3.2.1.6.1	Burden Nominal	18
3.2.1.6.2	Burden Ideal	18
3.2.1.6.3	Espaciamiento.....	18
3.2.1.6.4	Desviación de un Taladro.....	19
3.2.1.6.5	Paralelismo de un Taladro.....	19
3.2.1.6.6	Taco de un Taladro	20
3.2.2	Voladura	20
3.2.2.1	Explosivos	20
3.2.2.1.1	Combustión	21
3.2.2.1.2	Deflagración	21
3.2.2.1.3	Detonación.....	21
3.2.2.2	Presión de Detonación.....	22
3.2.2.3	Factor de Carguío.....	23
3.2.2.4	Acoplamiento del Explosivo.....	23
3.2.2.5	Longitud de Carga Explosiva	24
3.2.3	Costos	24
3.2.3.1	Clasificación de los Costos.....	25
3.2.3.2	Costos Fijos o Variables.....	25
3.2.3.2.1	Costos Fijos.....	25
3.2.3.2.2	Costos Variables	26
3.2.3.2.3	Costos Semivariantes	26
3.2.3.3	Costos Directos o Indirectos.....	26
3.2.3.3.1	Costos Directos.....	26
3.2.3.3.2	Costos Indirectos	26
3.2.3.4	Indicadores Económicos	26
3.2.3.4.1	Relación beneficio costo	27

3.2.3.5	Flujo de caja.....	27
3.3	Definición de Términos	27
CAPÍTULO 4		29
DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA		29
4.1	Antecedente Operativos.....	29
4.1.1	Ubicación	29
4.1.2	Accesos.....	30
4.1.3	Clima y Meteorología	31
4.1.4	Flora y Fauna	31
4.1.5	Topografía y Fisiografía.....	32
4.1.6	Geomorfología.....	32
4.1.7	Hidrología.....	32
4.1.8	Método de Minado	32
4.1.9	Geología regional	32
4.1.10	Geología local	34
4.1.10.1	Geomorfología.....	34
4.1.10.2	Litoestratigrafía	35
4.1.11	Litoestratigrafía del yacimiento	37
CAPÍTULO 5.....		39
ANÁLISIS DE RESULTADOS		39
5.1	Diseño de Malla de perforación de 12 y 16 pies	39
5.1.1	Diseño de Malla de perforación de 12 pies	41
5.1.2	Diseño de Malla de perforación de 16 pies	44
5.1.3	Secuencia o desarrollo del trabajo.	47
CAPÍTULO 6		49
RESULTADOS.....		49
6.1	Comparativa de mallas de perforación de 12 y 16 pies	49

CAPÍTULO 7	57
DISCUSION DE RESULTADOS	57
7.1 DIFERENCIA DE LOS PARAMETROS DE PERFORACION ENTRE BARRENOS DE 12 Y 16 PIES	57
7.2 COMPARATIVA DE LOS PARAMETROS EN VOLADURA ENTRE BARRENOS DE 12 Y 16 PIES	59
7.3 COMPARATIVA DE LOS PARAMETROS DE COSTOS ENTRE BARRENOS DE 12 Y 16 PIES	60
CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES	64
ANEXOS	65
BIBLIOGRAFÍA.....	70

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variable	7
Tabla 2 Distancia, dureza y coeficiente	16
Tabla 3 Índice de calidad de roca	17
Tabla 4 Clasificación de costos	25
Tabla 5 Accesibilidad a Unidad Operativa Inmaculada	31
Tabla 6 Descripción geológica - estratigráfica de la Unidad Minera Inmaculada.....	36
Tabla 7 Parámetros de la labor	40
Tabla 8 Distancia, coeficiente y dimensión	40
Tabla 9 Cuadro Burden 12 pies	41
Tabla 10 Diseño de Malla de Perforación de 12 pies.....	41
Tabla 11 Cuadro Burden 16 pies	44
Tabla 12 Diseño de Malla de Perforación de 16 pies.....	44

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Sarta de Perforación.....	13
Fig. 2 Estabilizador de Rodillos	14
Fig. 3 Variedades de Diámetros de brocas de perforación	16
Fig. 4 Paralelismo de taladro	19
Fig. 5 Diseño de paralelismo	20
Fig. 6 Tipo de reacción en función de la cinemática química	21
Fig. 7 Presión de Detonación	22
Fig. 8 Factor de carga (Fc)	23
Fig. 9 Taladro cargado para voladura controlada	24
Fig. 10 Ubicación U. O. Inmaculada	30
Fig. 11 Plano Geología Regional	34
Fig. 12 Estratigrafía de la Unidad Minera Inmaculada	37
Fig. 13 Sección 4.0mx4.0m con RMR 51-60 12pies	43
Fig. 14 Sección 4.0 m x 4.0 m con RMR 51-60 16 pies	46
Fig. 15 Posicionamiento del equipo de perforación	47
Fig. 16 Perforación del frente	47
Fig. 17 Elaboración de canas (voladura controlada)	48
Fig. 18 Carguío del frente	48
Fig. 19 Amarre del frente	48
Fig. 20 Presión de detonación (Kbar)	49
Fig. 21 Longitud del taladro (m.)	50
Fig. 22 Longitud de carga (m.)	50
Fig. 23 Avance por voladura (m.)	51
Fig. 24 Eficiencia de voladura (%)	51
Fig. 25 Área rota (m2)	52
Fig. 26 Volumen Roto (m3)	52

Fig. 27 TM rotas (TM)	53
Fig. 28 Total de explosivo (kg)	53
Fig. 29 Factor de potencia (Kg/TM)	54
Fig. 30 Factor de carga (Kg/m ³)	54
Fig. 31 N° de cartuchos C.F (cartuchos/taladro)	55
Fig. 32 Costos x disparo (\$/m)	55
Fig. 33 Costos x Pperf (\$/Pperf)	56
Fig. 34 Cuadro Comparativo perforación 16 y 12 pies	58
Fig. 35 Cuadro Comparativo voladura 16 y 12 pies	60

ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1 Matriz de Consistencia	66
Anexo 2 Parámetros tomados en campo	67
Anexo 3 Avance disparo vs eficiencia	68
Anexo 4 Factor potencia	69

INTRODUCCIÓN

Hochschild Mining S.A. en Perú tiene como operaciones mineras a Inmaculada Arcata y Pallancata. Siendo la primera en mención el lugar de estudio para nuestro presente trabajo. La empresa minera Inmaculada cuenta con un área concesionada aproximada de 22000 hectáreas, donde extraen oro y plata siendo el primero en moción dos tercios y el faltante de plata. La mina realiza sus operaciones en el Departamento de Ayacucho - Perú, que tiene a su cargo 40 concesiones mineras.

La finalidad del presente trabajo es la elaboración de un diseño de malla de perforación que facilite el mejor avance por metro disparado. Se realizaron comparaciones entre barrenos de 12 y 16 pies para elaborar sus mallas respectivas, teniendo como referencia el trabajo realizado por el ingeniero Rene Ojeda¹.

¹ Rene W. Ojeda Mestas, Ingeniero de Minas CIP 11059, Investigación titulada "Diseño de mallas de perforación y voladura subterránea aplicando un modelo matemático de áreas de influencia, 2014"

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 Descripción del Problema

En la mina Inmaculada perteneciente a la Sociedad Minera Ares S.A.C. donde predomina un RMR de roca regular. De momento no se realizan estudios o pruebas para poder mejorar el rendimiento de avance, utilizando los mismos equipos (Jumbos) con distintas medidas de barrenos y poder tener un mayor avance por disparo con un costo similar al que se está aplicando ahora en la Unidad Operativa Inmaculada (12 pies).

Es necesario mejorar los distintos procesos de una operación minera para poder reducir costos por tonelada de mineral procesada, es por ello que si logramos tener un mayor avance por disparo se disminuirá considerablemente los costos para empresa, haciéndola más competitiva.

1.1.2 Pregunta Principal

¿Se puede realizar una mejora técnica-económica en el diseño de la malla de perforación y voladura para labores de desarrollo, aplicando barrenos de 16 pies en la U.O. Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C.?

1.1.3 Preguntas Secundarias

- ¿Cómo será el diseño de la malla de perforación y voladura aplicando barrenos de 16 pies?
- ¿Cuál es el tipo de roca predominante en el macizo rocoso?
- ¿Cómo es la caracterización geomecánica en labores de desarrollo para el diseño de una malla de perforación de la U.O. Inmaculada?
- ¿Cuáles son los resultados del análisis de costos en la implementación de la malla de 16 pies para labores de desarrollo en la U.O. Inmaculada?
- ¿Cuál es la diferencia entre los resultados obtenidos con la implementación de la malla de perforación aplicando barrenos de 16 pies y una malla estándar para 12 pies?

1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivo General

Realizar una mejora técnica - económica en el diseño de la malla de perforación y voladura para labores de desarrollo, aplicando barrenos de 16 pies en la U.O. Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar la malla de perforación y voladura aplicando barrenos de 16 pies.
- Determinación del tipo de roca predominante en el macizo rocoso.
- Aplicar la caracterización geomecánica en labores de preparación para el diseño de una malla de perforación en la U.O. Inmaculada
- Realizar el análisis de costos en la implementación de la malla de 16 pies para labores de desarrollo en la U.O. Inmaculada
- Analizar los resultados obtenidos con la implementación de la malla de perforación aplicando barrenos de 16 pies y una malla estándar utilizada para 12 pies.

1.3 Hipótesis

H1: El diseño de una malla de perforación aplicando barrenos de 16 pies es más factible en costos de avance en comparación de una malla de perforación de 12 pies estándar en labores de desarrollo en la U.O. Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C.

H0: El diseño de una malla de perforación aplicando barrenos de 16 pies es menos factible en costos de avance en comparación de una malla de perforación de 12 pies estándar en labores de desarrollo en la U.O. Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C.

1.4 Justificación e Importancia

1.4.1 Justificación

El costo-beneficio es un punto clave en la producción y emprendimiento de una empresa en general, en el caso de una empresa minera la eficiencia al momento de realizar un trabajo sería un fin común, la comparativa entre la perforación entre una malla de 16 pies y la perforación entre una malla de 12 pies. Sería la clave para llegar a la optimización entorno al costo, producción, avance del trabajo y en general. Con la investigación y demostración se llegaría a un cambio emprendedor que cambiara las fronteras en el método ya establecido por la minera en base a técnicas antiguas llegando a pérdidas indeseadas.

1.4.2 Importancia

En toda actividad minera se busca reducir y minimizar costos de producción, siendo la actividad de perforación y voladura una de las operaciones claves para generar un mayor beneficio para la empresa minera y para esto se propone el presente trabajo, donde se busca implementar una malla de perforación con mayor longitud de perforación (barreno de 16 pies) para labores de desarrollo.

Los resultados esperados generarían para la empresa un mayor índice de productividad a menor costo, logrando un mayor avance con el mismo número de disparos en un tiempo similar. Con esto buscamos actualizar la malla estándar de 12 pies que se está utilizando en la unidad minera, para dar paso a la de 16 pies.

1.5 Limitaciones del Trabajo

En la presente tesis de investigación se podría ostentar lo siguiente:

- El miedo a salir de su zona de confort por parte de los colaboradores de la empresa para innovar en nuevas prácticas de perforación y voladura.
- Poco interés por parte de la gerencia para implementar una capacitación continua a sus colaboradores en métodos de perforación.
- Falta de maquinaria (Jumbo) capaz de realizar el trabajo.

CAPÍTULO 2

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

2.1 Metodología de la Investigación del proyecto

2.1.1 Tipo de Investigación

Es de tipo No Experimental

2.1.2 Nivel de Investigación

Es de nivel descriptivo.

2.1.3 Descripción de la Investigación

La investigación se implanta en labores de desarrollo en la Unidad Operativa Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C.

2.1.4 Población y Muestra

Para la presente investigación la muestra es de tipo estadística, pero la investigación está orientada a la optimización de la malla de perforación para labores de desarrollo en la Unidad Operativa Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C.

2.2 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

La técnica de recolección de datos fue la revisión documental de información relacionada con el tema y observación experimental en procesos de elaboración de mallas de perforación y voladura.

En cuanto al instrumento a utilizar son fichas de recolección de dato, los cuales se aplicarán a las labores de desarrollo.

2.3 Validez

La originalidad del instrumento se obtuvo mediante la recolección de datos teóricos contrastando dicha información con asesoramiento por parte de ingenieros y técnicos en perforación y voladura de la unidad minera, concluyendo con la revisión del software anti plagio Turnitin.

2.4 Plan de Recolección y Procesamiento de Datos

Para la recolección y procesamiento de datos se realizó lo siguiente:

- Petición de autorización a la Unidad Operativa Inmaculada para el inicio de la investigación.
- Hallar el problema mediante consultas al personal involucrado en la actividad de perforación y voladura de la mina.
- Realizar estudios de campo para la recolección de datos in situ relacionados a la actividad en mención.
- Asesoramiento al área geomecánica de la minera, para obtener las características del macizo rocoso.
- Desarrollo de la data obtenida mediante operaciones matemáticas utilizando el programa Microsoft Excel y AutoCAD para el diseño de la nueva malla a utilizar.
- De los datos obtenidos generamos los resultados para su interpretación, de donde se elaborarán las conclusiones y recomendaciones.

2.5 Variables

2.5.1 Variable Independiente

Análisis de costos en el diseño de la malla de perforación aplicando barrenos de 16 pies.

2.5.2 Variable Dependiente

Diseño de la malla de perforación aplicando barrenos de 16 pies para labores de desarrollo en la Unidad Operativa "Inmaculada"

2.6 Operacionalización de Variables

Tabla 1 Operacionalización de variable

Variables	Indicador	Escala de medición
Variable dependiente: Diseño de la malla de perforación aplicando barrenos de 16 pies para labores de desarrollo en la U.O. "Inmaculada"	Taladros perforados	Número de taladros
	RMR	Parámetros de clasificación RMR (de 0 a 100)
	carga explosiva	número de cartuchos por taladro
Variable independiente: Análisis de costos en el diseño de la malla de perforación aplicando barrenos de 16 pies.	Marcado de malla de perforación	Tiempo
	Estado del Equipo	Disponibilidad mecánica
	Costos de aceros	\$/m avance
	Perforación del frente	Tiempo

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 3

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

3.1.1 Internacional

En la investigación con nombre “Optimización en los procesos de perforación y voladura en el avance de la rampa en la mina Bethzabeth” El objetivo del autor de dicho trabajo es mejorar la actividad de perforación y voladura en el desarrollo de la rampa de dicha mina, utilizando una nueva malla de perforación además de generar los cálculos de las cantidades adecuadas de explosivos y accesorios para así mejorar costos y tiempos de perforación y voladura. Finalmente, este trabajo concluye con una reducción de taladros de 62 a 48 además de la reducción del tiempo de 5h43m a 4h42m en perforar y cargar la malla, esto significó una ganancia de US\$ 85.12 por disparo para la empresa. [1]

En el trabajo titulado “Diagnostico y optimización de disparos en desarrollo horizontal, mina el Teniente”. El autor tiene como objetivo principal realizar un diagnóstico en las actividades de perforación y voladura en el nivel de producción (teniente Sub 6), mediante la aplicación de tecnología nueva y así determinar los estándares de la operación, mitigando el daño al macizo rocoso, la sobre

excavación, consumo de explosivos al igual que maximizar el rendimiento de la perforación y la optimización de los gastos de dicha actividad. El trabajo concluye con una reducción de taladros en un 10%, una reducción de la sobre rotura de un 24% a un 6%, garantizando un costo – beneficio en la actividad de perforación y voladura. [2]

3.1.2 Nacional

En el trabajo con nombre “Diseño de perforación y voladura y su incidencia en los costos unitarios en Balcón III de la corporación minera Ananea S. A”. El autor tiene como objetivo mejorar toda la secuencia que implica la actividad de perforación y voladura y aplicando una disminución de costos, mediante un control, capacitación y un manejo de las operaciones unitarias, se puede llegar a estos objetivos. Este trabajo nos da a conocer la forma de hacer un uso adecuado de los recursos en perforación y voladura para reducir costos. El excesivo costo en perforación y voladura es generado principalmente por errores en la elaboración de la malla de perforación, distribución de la carga explosiva como la aplicación de técnicas descontinuas influyen en el costo final. Finalmente, el trabajo concluye que con la nueva malla de perforación elaborada se obtiene reducción de 4 taladros perforados, también se cambia el barrenado de 4 pies por el de 5 pies, implicando un mejor avance con un costo de 4.88 US\$/m. aplicando una destrucción nueva de explosivos obteniendo 5.91 US\$/m, así obteniendo un contorno de la labor mucho más estable, obteniendo más rentabilidad tanto en la actividad de perforación, voladura y sostenimiento. [3].

En el trabajo titulado “Mejoramiento en los estándares de perforación y voladura para la reducción de los costos operativos en la empresa minera, La Libertad, 2018”. El objetivo de la investigación es el mejoramiento en los estándares de perforación y voladura y así poder reducir costos operativos, para obtener esta mejora se realiza el estudio de los estándares de trabajo: nivelación de plataforma

de perforación, accesorios de perforación, tipo de explosivos y un flujo de caja. Para concluir se presentan los beneficios económicos generados por la implementación de mejoras propuestas. Finalmente concluye en la comparación en el costo de perforación inicial de 4.5636 \$/TM mensual y con el estándar final de 4.1103 \$/mensual, y así observándose con este último, una reducción de un 9.93% en los costos [4].

En el trabajo titulado “Diseño de malla de perforación y voladura para estandarizar en el método de Explotación Sublevel Caving en el tajo 6950 zona II cuerpo Esperanza Mina Central Yauricocha 2018”. El objetivo es implementar la nueva malla de perforación y voladura para utilizarla en las operaciones de la Esperanza Mina Central Yauricocha. Alcanzando ajustar un estándar a la malla de perforación y voladura: siendo el ángulo de perforación de 90°, La prolongación de avance es de 1.2 m. Con un factor de potencia promedio de 0.25 KG/ton. Con un Burden y espaciamiento de 1.7 m y 1m respectivamente [5].

3.1.3 Local

En el trabajo titulado “Control y estandarización de costos de perforación y voladura para mejorar los parámetros técnicos en CIA. Minera Yanaquihua” El autor tiene por objetivo la optimización en el desarrollo de galerías y cruceros por medio de la implementación de una metodología que implica 7 pasos de control de calidad en la actividad de perforación y voladura, esta metodología consistió en recolectar datos con su posterior análisis, luego los resultados obtenidos son analizados, paso a seguir son las contramedidas, posteriormente los efectos son evaluados para concluir con la estandarización las reglas y mejoras que se establecieron. Finalmente concluye el trabajo logrando minimizar el problema del déficit de metros avanzados por voladura, logrando un aumento de 1.11m/disparo a 1.32m/disparo, esta mejora produjo la reducción del costo de 214.60 US\$/m a

174.40 US\$/m. también se redujo el número de taladros en un 3% al igual que el consumo de explosivo en un 4% y en un 19% el factor de carga. [6].

El presente trabajo titulado “Diseño de perforación y voladura para reducción de costos en el nivel 1590 crucero 520 de la U.E.A Capitana- Corporación Laces S.A.C Minería y Construcción”. Tiene como propósito la ejecución de un modelo de malla de perforación y voladura que vaya acorde a un costo - beneficio. La investigación se centra en el crucero 520, nivel 1590. Basándose en la teoría Holmberg, con la malla estándar de la empresa se perforaba 33 taladros con una longitud de 8 pies y un taladro de alivio de 38 mm y se propone una malla con 26 taladros y un taladro rimado de 55 mm. Se concluye como resultado la reducción de 7 taladros, que genera un costo de 181.11 US\$/metro a 157.97 US\$/metro, también se obtuvo una voladura controlada. También se pudo minimizar los costos de explosivos que pasaron de 78.92 US\$/metro a 62.92 US\$/ metro. Se obtuvo una optimización del 12.78% en costos por disparo. [7]

En el presente trabajo titulado “Diseño de mallas de perforación y voladura y su incidencia en los costos unitarios en la unidad minera Chalhuane. Tiene como objetivo mejorar la actividad de perforación y voladura aplicando un nuevo modelo de malla de perforación, conjuntamente con un adecuado seguimiento en la realización del trabajo. Este trabajo finaliza con la elaboración del nuevo diseño de malla de perforación y voladura, el cual reduce en 4 taladros incrementándose el avance por disparo de 4 pies a 5 pies, también reduciendo el costo de perforación y voladura en 3.58 US\$/tm. Se sugiere mantener una estricta supervisión en las actividades de perforación y voladura para generar un mayor costo- beneficio para la empresa. [8]

3.2 Marco Conceptual

3.2.1 Perforación

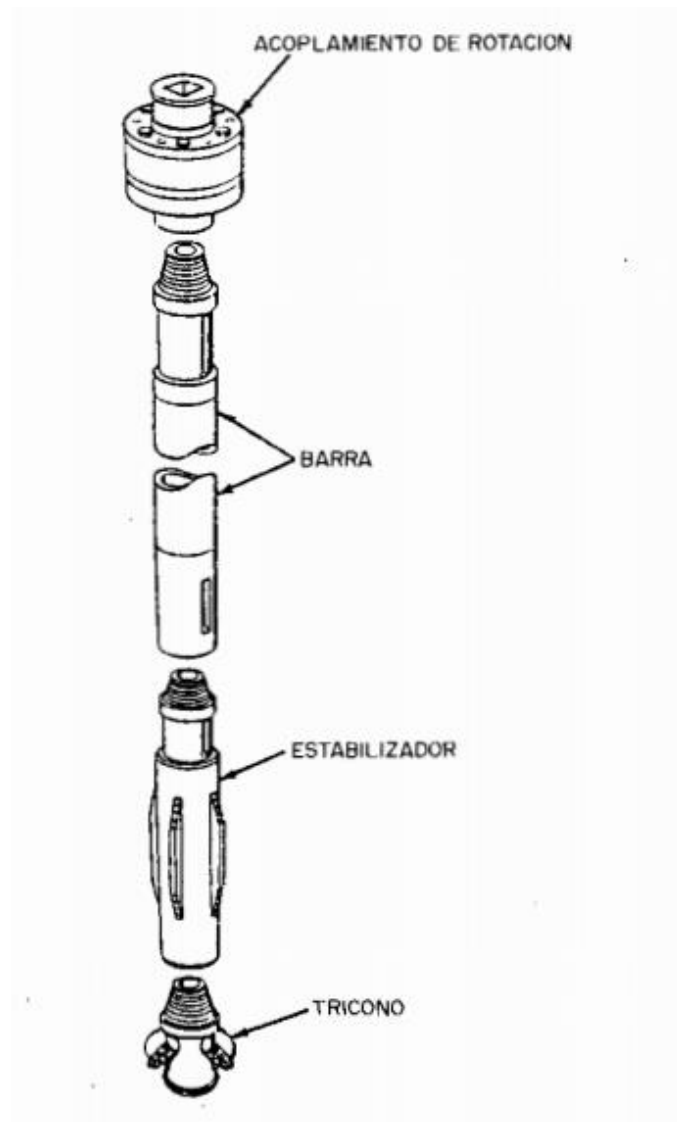
La tarea de perforación de rocas es el inicio del proceso de una actividad minera y cuyo objetivo es generar una abertura / cavidad en el macizo rocoso. Dependiendo de la labor a ejecutar estas cavidades se denominan como: explotación, preparación o desarrollo. El objetivo principal de una perforación es elaborar hoyos en un frente; en los cuales se depositarán cartuchos de explosivo con sus respectivos accesorios, las cuales podrán fracturar el macizo rocoso. [9]

Para poder elegir un tipo de perforadora se tiene que sopesar entre varias condiciones técnicas – económicas, dichas especificaciones generales son las que determinan la clase de máquina más adecuada para la realización del trabajo. El tipo y características de la broca a utilizar está relacionada explícitamente con el tipo de trabajo y las condiciones que está presente, ya que de esta elección se va a diseñar y ejecutar la voladura, de donde se obtendrá el ritmo de producción, el volumen de roca a volar, grado de fragmentación para las operaciones siguientes a la voladura y mitigar el nivel de vibraciones producidas por la voladura, evitando dañar el macizo rocosa más de lo necesario. [9]

3.2.1.1 Sarta de Perforación

También reconocida como columna de perforación, está compuesta por:

Fig. 1 Sarta de Perforación



Fuente: Elaboración propia

3.2.1.2 Acoplamiento de Rotación

Este elemento es el que transmite la rotación desde la cabeza hasta las demás partes que se encuentran debajo.

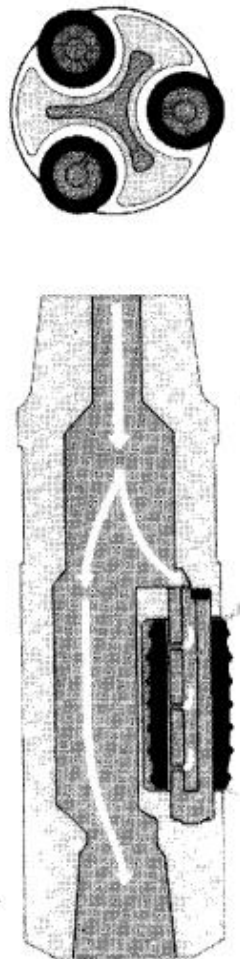
3.2.1.3 Barra

Su función es transmitir el empuje hacia la cabeza, su longitud está relacionado con el avance que se quiere lograr. Otra función es inyectar el caudal de aire requerido para garantizar la asepsia limpieza del taladro (detritus) y enfriar los cojinetes, los cuales están elaborados de aceros ente 25 a 38 milímetros.

3.2.1.4 Estabilizador

Su función es garantizar un correcto movimiento giratorio del tricono e impida oscilación y pandeo de la barra de perforación. Las ventajas de utilizar este compuesto son: menor desviación del barreno, mayor vida útil del tricono, una mayor velocidad de perforación, menor deterioro de los faldones de insertos y cojinetes, menor deformación de las paredes del barreno por no sufrir un pandeo la barra y un adecuado confinamiento del explosivo, por ende, mayor eficiencia en la voladura.

Fig. 2 Estabilizador de Rodillos



Fuente: Elaboración propia

3.2.1.4.1 Triconos

Los triconos su función es romper la roca, el cual lo logra desplazándose en forma circular en el fondo del taladro. Su eficiencia se logra con la combinación de dos acciones:

- Indentación; los insertos o dientes de la broca al realizar la acción de empuje sobre la roca, la logra romper.
- Corte; se genera una rotura en el macizo rocoso debido al rozamiento que existe con las paredes del taladro, al momento de girar sobre el fondo del barreno.

Existen dos tipos de triconos; los de dientes, cuya ventaja principal es su bajo costo, pero se están dejando de usar en mediana y gran minería. Mientras que los triconos de insertos, sus ventajas son: mantienen una velocidad de penetración durante toda la vida útil, el empuje para conseguir una velocidad de penetración es menor y disminuye las tensiones en los motores de rotación. [9]

3.2.1.5 Diseño de una Malla de Perforación

3.2.1.5.1 Longitud de perforación

En minería subterránea la longitud varía según cuanto se quiere perforar y del área de la sección del frente:

$$L_{tal} = L_b * E_p \quad (1)$$

Donde:

L_{tal} = Longitud del taladro

L_b = Longitud del barreno

E_p = Eficiencia de perforación

3.2.1.5.2 Diámetro de taladro

Es el factor primordial en la elaboración de una malla de perforación, ya que es la primera operación que se realiza en todo el ciclo de minado. El diámetro idóneo o

ideal está en 4 a 4.5 centímetros, pero varía según el diámetro de broca que se utilizara, que están entre 1 y 18 pulg.

Fig. 3 Variedades de Diámetros de brocas de perforación



Fuente: Atlas Copco

3.2.1.5.3 Número de taladros

Se puede obtener mediante el método empírico o método de los perímetros.

$$N^{\circ}T = 10\sqrt{b} * h \text{ o } N^{\circ}T = (P/dt) + (c * s) \quad (2)$$

Tenemos:

No T = número de taladros

c = constante de roca

s = sección de túnel

P = perímetro de la labor

dt = espaciamiento de taladros

Tabla 2 Distancia, dureza y coeficiente

Dureza de roca	Distancia entre taladros (m)	Coeficiente de roca (m)
Tenaz	0.50 a 0.55	2.00
Intemedia	0.60 a 0.65	1.50
Friable	0.70 a 0.75	1.00

Fuente: (Vargas Lapa, 2017)

3.2.1.5.4 Índice de Calidad de Roca

Se encuentra en relación a la clasificación del macizo rocoso. [10]

$$RQD = 115 - 3.3 * J_v \quad (3)$$

Tenemos:

J_v = número de fracturas / metros cubico

Tabla 3 Índice de calidad de roca

Calidad de roca	RQD	$F_c = \left(\frac{L_c}{L_{tal}}\right)$
Muy mala	<25%	2/3
Mala	25 – 50%	2/3
Regular	50 – 75%	2/3
Buena	75 – 90 %	3/4
Muy buena	90 – 100%	3/4

Fuente: EVERT HOEK: " Geomecánica"

3.2.1.5.5 RMR (Rock Mass Rating)

Elaborado por Bieniawski (1989) el cual genero un sistema de clasificación del macizo, este relaciona índices de calidad de la roca con parámetros del diseño de la sección, además con los parámetros de sostenimiento de túneles.

La clasificación RMR define los siguientes parámetros:

1. Resistencia del macizo rocoso (compresión simple)
2. Grado de fracturación del macizo rocoso (RQD)
3. Distancia entre las discontinuidades
4. Condiciones de las discontinuidades, comprenden:
 - Abertura de las caras de la discontinuidad
 - Persistencia de la discontinuidad
 - Rugosidad
 - Variación de la discontinuidad
 - Relleno de las discontinuidades

5. Actividad de agua
6. Orientación de las discontinuidades

$$RMR = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) - ((6)correcciones) \quad (4)$$

El valor del RMR varía entre 0 a 100.

3.2.1.6 Parámetros de Perforación

3.2.1.6.1 Burden Nominal

$$Bn = \phi \left(\frac{PoDtaladro - (\gamma * H)}{fs * \sigma_r * RQD} + 1 \right) \quad (5)$$

Donde:

Bn= Burden nominal (m)

Φ = Diámetro del taladro (m)

PoDtal = Presión de detonación del taladro (Kg/cm²)

RQD = Índice de calidad de la roca

σ_r = Resistencia a la compresión de la roca o mineral, (Kg/cm²)

Fs = Factor de seguridad

γ = Densidad de la roca (TM/m³)

H = Profundidad de la labor (m)

3.2.1.6.2 Burden Ideal

$$B_i = B_n - D_p \quad (6)$$

Donde:

Bn = Burden nominal

Dp = Desviación de perforación

3.2.1.6.3 Espaciamiento entre taladros

Es la longitud que se encuentra entre taladro y taladro de una malla de perforación en una misma fila y esta generalmente relacionado al Burden. Los valores que

oscilan están entre 50 a 70 centímetros en los cuadradores y en arranques entre 15 a 30 centímetros.

3.2.1.6.4 Desviación de un Taladro

La desviación de un taladro es la anomalía en la dirección original de la ejecución al momento de perforar, esto se genera por diversos motivos como: características del macizo rocoso, habilidad del operador, presencia de agua, entre otras, ya que a una mayor longitud de perforación habrá un mayor porcentaje de desviación del taladro. La fórmula a utilizar sería: [10]

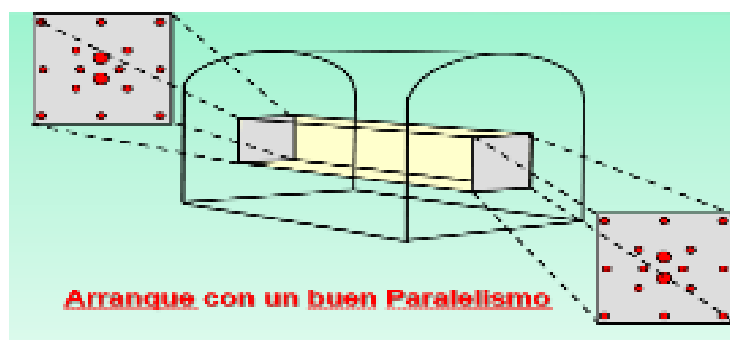
$$y = 0.0008x^2 + 0.0152x + 0.0078 \quad (7)$$

$$R^2 = 0.9867$$

3.2.1.6.5 Paralelismo de un Taladro

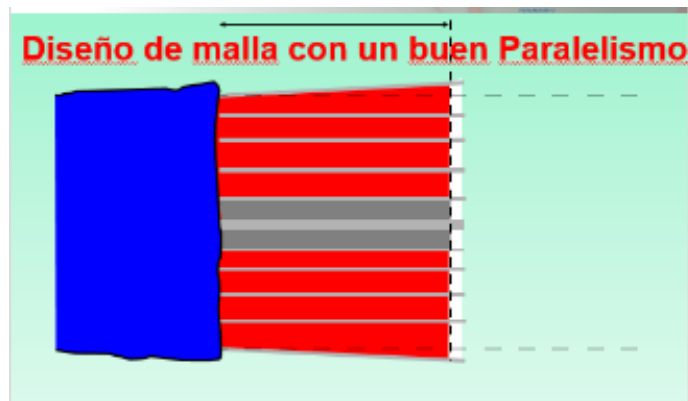
Una buena perforación está garantizada por la buena distribución de taladros y paralelismo de los mismos, el cual se pone en práctica utilizando los guiadores “barrenos desgastados”. Siendo los equipos mineros (jumbos) los más adecuados para garantizar un buen paralelismo, ya que al contar con brazos articulados facilitan el posicionamiento y alineamiento de cada taladro en la labor a trabajar.

Fig. 4 Paralelismo de taladro



Fuente: Famesa Explosivos

Fig. 5 Diseño de paralelismo



Fuente: Famesa explosivos

3.2.1.6.6 Taco de un Taladro

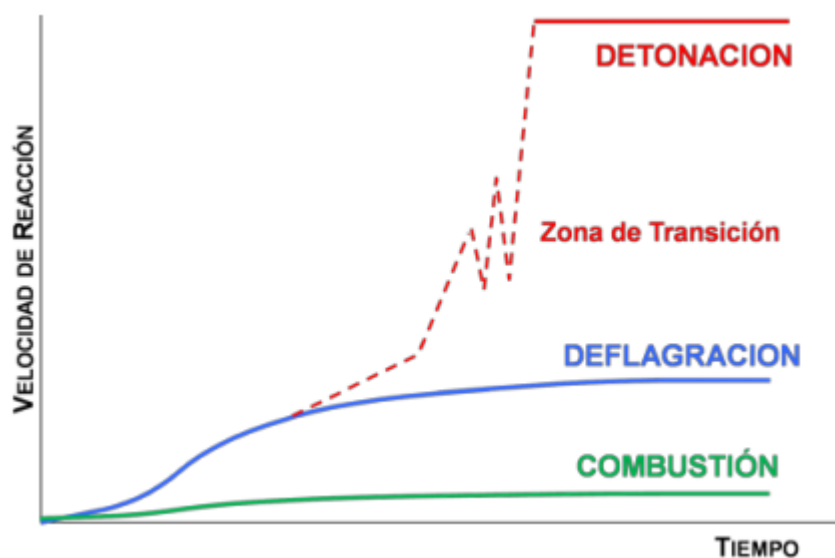
Es un material inerte utilizado para retener la energía producida por la voladura el mayor tiempo posible dentro del taladro. Siendo el gas liberado en forma de energía, el agente que rompe el macizo rocoso. Generalmente el taco es 1/3 de la longitud del taladro.

3.2.2 Voladura

3.2.2.1 Explosivos

Estos son agentes químicos que cuentan con un alto grado de inestabilidad, al ser expuestos ante condiciones determinadas o algún contacto con el exterior estos generan un cambio químico en su interior el cual produce una reacción en cadena mejor conocida como detonación, que es la repentina expansión de gases acompañados de ruidos y efectos mecánicos violentos. Y así la energía liberada (química) se transforma en energía mecánica (onda de choque), esta energía liberada es el agente rompedor que fractura la roca. Se puede dividir en tres tipos de reacciones según la velocidad a la que se produce.

Fig. 6 Tipo de reacción en función de la cinemática química



Fuente: (Bernaloa; Castilla ; Herrera, 2013 [9])

3.2.2.1.1 Combustión

La combustión es la reacción química capaz de liberar una gran cantidad de calor o energía. Esta reacción sucede en milisegundo, menor a 1. Esta reacción se puede visualizar en forma de una llama o chispa.

3.2.2.1.2 Deflagración

Proceso exotérmico cuya reacción de descomposición es básicamente la conducción térmica con una propagación de velocidad reducida. La reacción que se produce es parecida al de la combustión, la energía cinética producidas en la reacción es mayor en velocidad a la que se produce en la combustión, pero las ondas (sonido) producidas por la explosión es menor. Siendo una reacción subsónica.

3.2.2.1.3 Detonación

Es una reacción química que se produce instantáneamente, el cual se caracteriza por generar ondas de choque al ser liberada toda esta energía del explosivo a

altas presiones y temperaturas. Cabe señalar que cada tipo de explosivos tiene una composición específica y definida, que los hace distintos unos de otros. [9]

3.2.2.2 Presión de Detonación

Se refiere a la presión desarrollada por la energía liberada por el explosivo, la cual se manifiesta detrás de la zona de reacción primaria en el taladro perforado. Cada presión de detonación varía según el tipo de explosivo los cuales están entre 30 a 202 Kbar. [10]

Fig. 7 Presión de Detonación



Fuente: (Almada, 2004)

Esta presión de detonación de un explosivo es bosquejado en una fórmula matemática, propuesta por López Jimeno y Enaex:

$$P_{oD} = 0.25 * 10^{-5} * \sigma * VoD^2 \quad (8)$$

Dónde:

PoD = Presión de detonación (kBar)

σ = Densidad del explosivo (g/cm³)

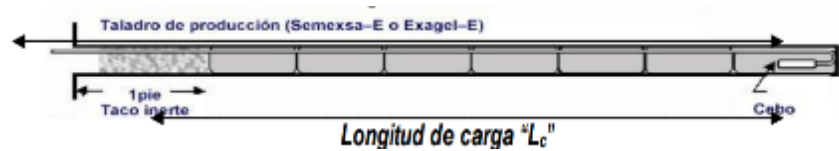
VoD = Velocidad de detonación (m/s)

3.2.2.3 Factor de Carguío

También conocido como factor de carga, es la relación entre el volumen del explosivo con respecto al volumen del taladro, dicha cantidad de explosivo a utilizar tiene garantizar una adecuada fragmentación del macizo rocoso; donde: $F_c \leq 1$ y está expresado en kg/m³.

$$F_c = \frac{V_c}{V_{tal}} = \frac{\pi * \phi_e^2 * L_e * N_{cartuchos}}{\pi * \phi_t^2 * L_{tal}} = \frac{\phi_e^2 * L_e * N_{cartuchos}}{\phi_t^2 * L_{tal}} \quad (9)$$

Fig. 8 Factor de carga (F_c)



Fuente: Exsa

3.2.2.4 Simpatía del Explosivo

Es la capacidad para transmitir la energía de detonación de un cartucho a otro cartucho, provocando su explosión; el cual está relacionado entre el diámetro del explosivo " ϕ_e " y diámetro del taladro " ϕ_{tal} ", donde: $A_e \leq 1$ [11]

$$A_e = \frac{\phi_e}{\phi_{tal}} \quad (10)$$

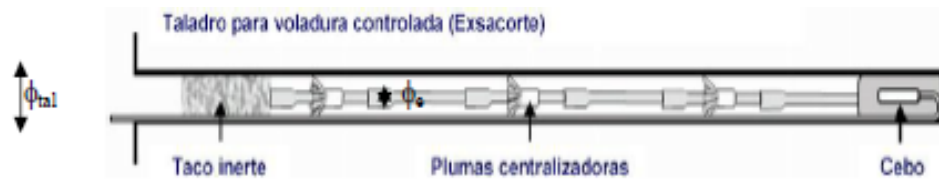
Donde:

A_e = razón de acoplamiento (o desacoplamiento)

ϕ_e = diámetro del explosivo

ϕ_{tal} = diámetro del taladro

Fig. 9 Taladro cargado para voladura controlada



Fuente: Exsa

3.2.2.5 Longitud de Carga Explosiva

Esta amplitud de carga es la cantidad de cartuchos confinados en un taladro más el acoplamiento, siendo esta longitud de carga determinada por el diámetro del explosivo, donde $L_c \leq \frac{3}{4}L_{tal}$ [11]

$$L_c = \left(\frac{\phi_e}{A_e * \phi_{tal}} \right)^2 * L_e * N_{c/tal} \quad (11)$$

Donde:

ϕ_e = Diámetro del explosivo

A_e = Acoplamiento del explosivo

ϕ_{tal} = Diámetro del taladro

L_e = Longitud del explosivo

$N_{c/tal}$ = Numero de cartuchos por taladro

3.2.3 Costos

La minería, así como la metalurgia, son negocios y uno de sus objetivos es obtener una utilidad, por ello conocer los costos es una herramienta clave para la correcta gestión de la empresa. Así mismo toda decisión importante en la empresa se ve reflejado en los costos, por eso es importante para una correcta toma de decisiones, un cálculo profundo de costos para planificar la producción, los procesos, el buen funcionamiento y la gestión adecuada de la empresa.

3.2.3.1 Clasificación de los Costos

Existe tantos tipos de costos que su forma de clasificar es muy diversa, usualmente se van agrupando según vayan ocurriendo los procesos de operación dividiéndolos desde la inversión inicial de la empresa, la producción y la distribución hasta la venta del producto, gracias a esto existe un consenso de clasificaciones entre autores, aunque su diversidad aumenta con el tiempo.

Usando la clasificación de [12] tenemos los siguientes grupos de acuerdo al enfoque que tienen:

Tabla 4 Clasificación de costos

CLASIFICACIÓN SEGÚN:	TIPOS DE CLASIFICACIÓN:
La función que incurre	Costos de producción
	Costos de venta
	Costos de Administración
	Costos financieros
Su identificación	Costos directos
	Costos indirectos
El periodo en que se llevan el estado de resultados	Costos del producto o costos inventariables
	Costos de periodo o costos o inventariables
El comportamiento respecto al volumen de producción o venta de artículos terminados	Costos fijos
	Costos variables
	Costos semifijos, semivARIABLES o mixtos
El momento en que se determinan los costos	Costo Históricos
	Costo predeterminados

Fuente: Elaboración propia

3.2.3.2 Costos Fijos o Variables

3.2.3.2.1 Costos Fijos

Estos son los costos (permanentes), en un tiempo programado, son permanentes, independientemente de los cambios que haya en la cantidad de operaciones, pero si pueden variar por otros factores externos. Estos son por lo general periódicos como los pagos de servicios. [13]

3.2.3.2.2 Costos Variables

Son los costos que fluctúan en relación directa al volumen de la producción total, mayormente son los insumos y la materia prima de un producto, aunque existen otros para los servicios. Estos costos son los que representan un mayor gasto de la empresa mientras la producción sea masiva. [14]

3.2.3.2.3 Costos SemivARIABLES

Estos costos son relativamente nuevos y cobran cada vez más peso dentro de las empresas. Son aquellos que tienen un costo fijo hasta un límite, cuando este es sobrepasado empiezan a variar en proporción al uso. Un ejemplo actual es el servicio de internet, el cual tiene una cantidad fija de datos por una cantidad de dinero, pero al pasarlo este precio aumenta conforme se haya gastado los datos. [13]

3.2.3.3 Costos Directos o Indirectos

3.2.3.3.1 Costos Directos

Son aquellos que se ven implicados en una unidad producida, en estos se contemplan los gastos de materia prima, mano de obra y todo costo extra que está presente en el proceso de producción, como la distribución. [13]

3.2.3.3.2 Costos Indirectos

Estos costos son difíciles de identificar, se les llama indirectos porque, aunque no están presentes en la unidad producida está relacionado a su producción. Por ejemplo, el sueldo de la directiva, de administración o ventas. [13]

3.2.3.4 Indicadores Económicos

Los indicadores económicos son criterios para poder evaluar el aspecto financiero a cualquier proyecto, ayudar en la toma de decisiones y saber la viabilidad a futuro.

3.2.3.4.1 Relación beneficio costo

Este método toma en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, es la proporción porcentual de los ingresos y egresos del proyecto así obtenemos el valor de cuanto se gana por cada unidad de dinero invertido. [15]

3.2.3.5 Flujo de caja

Es un instrumento de control de alta gerencia, el cual facilita la visualización tanto de ingresos como egresos de una empresa y nos permite proyectarnos a futuro.

Se genera en un periodo determinado (días, meses, años)

3.3 Definición de Términos

- Perforación:** Se entiende como la primera acción o tarea en las operaciones de producción, el fin de esta tarea es generar una cara libre en el macizo rocos, realizando esta actividad se genera excavaciones o bancos dependiendo si es minería a tajo abierto o subterránea.
- Malla de perforación:** Sé entiende como un diseño elaborado mediante criterios técnicos, la utilización de modelos matemáticos y haciendo uso de Softwares, donde se visualizan los diferentes tipos de taladros (arranque, corona, etc.) con sus respectivos burdenes y espaciamientos, este diseño está representado en un área determinada.
- Costos:** Es el esfuerzo económico que se hace para la fabricación de algún producto o algún servicio, en minería se utilizan mucho los términos de CAPEX y el OPEX, El primero es el costo del capital mientras que el segundo se refiere al costo relacionado a las operaciones y servicios.
- Zarta de perforación:** Es la columna de perforación de un equipo de perforación en este caso un jumbo el cual está conformado por shank, coupling, barra y una broca de perforación.
- Acceso:** Son aquellas labores que pueden ser verticales, inclinadas o horizontales las cuales comunican el exterior con el yacimiento o cuerpo mineralizado.

- **Desarrollo:** Son aquellas labores que extraen mineral de forma reducida y preparan el escenario para una extracción de mineral de forma masiva, están construidas sobre el mineral, pueden ser cx, sub niveles, galerías.
- **Producción:** Son aquellas labores que extraen el cuerpo mineralizado y dependen del ancho de la veta y el grado de inclinación de esta; estas labores son los tajos.

CAPÍTULO 4

DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

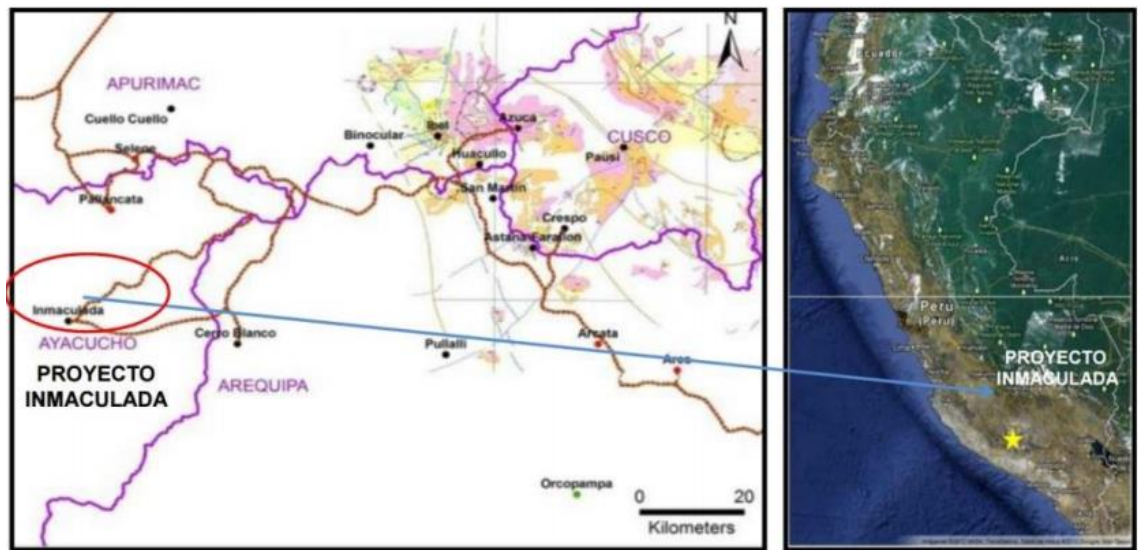
4.1 Antecedentes de la Empresa

4.1.1 Ubicación

La Unidad Minera Inmaculada se encuentra a una altura entre 4200 y 4900 msnm, perteneciente a la Compañía Minera Ares S.A.C la cual es parte del Grupo Hochschild se encuentra ubicada en la Región de Ayacucho, Provincia de Paucar de Sara Sara en el Distrito de Oyolo.

La mencionada Unidad Minera se encuentra ubicada en las Coordenadas Geográficas: 14°57'19" Latitud Sur y 73°14'34" Latitud Oeste y en Coordenadas UTM (WGS-84): Este 688 957, Norte 8 345 851.

Fig. 10 Ubicación U. O. Inmaculada



Fuente: (MINEM, 2018)

4.1.2 Accesos

Partiendo como punto de inicio la ciudad de Lima a la mina inmaculada se realiza por transporte aéreo a la Ciudad del Cusco (01 hora) luego por carretera hasta Abancay (04 horas), de Abancay a Chalhuanca (03 Horas), de este punto al Centro Poblado de Iscahuasca (0.5 horas), como tramo final para llegar a La unidad Minera se pasa por un tramo de vía carroable (04,45 horas).

Teniendo otro acceso vía terrestre desde la capital del Perú por la panamericana Sur hasta Nazca (06 horas), punto en el cual accedemos a un desvío el cual nos lleva hasta el Poblado de Puquio (04 horas), de este punto hacia el Poblado de Iscahuaca (03 horas), desde donde continuamos hacia la Unidad Minera (04.45 horas)

Tabla 5 Accesibilidad a Unidad Operativa Inmaculada

De	A	Tipo de vía	Tiempo (horas)	Distancia (km)
Desde Lima a la Unidad Minera Inmaculada				
Lima	Nazca	Asfaltada	6.0	460.0
Nazca	Puquio	Asfaltada	4.0	155.0
Puquio	Iscahuaca	Asfaltada	3.0	142.0
Iscahuaca	Inmaculada	Trocha	4.45	141.1
Desde Cuzco a la Unidad Minera Inmaculada				
Lima	Cuzco	Vía Aérea	1.5	590.0
Cuzco	Abancay	Asfaltada	4.0	195.0
Abancay	Chalhuanca	Asfaltada	3.0	120.0
Chalhuanca	Iscahuaca	Asfaltada	0.5	43.0
Iscahuaca	Inmaculada	Trocha	4.45	141.1

Fuente: (Unidad Operativa Inmaculada)

4.1.3 Clima y Meteorología

Al estar ubicada en la Región Puna la temperatura promedio anual varía entre los -2°C a 7°C. Con temperaturas máximas registradas en los meses de setiembre hasta abril de 20°C. Las mínimas entre los meses de mayo y agosto entre 9°C y 25°C bajo cero. Las lluvias se precipitan junto con la nieve en la estación de verano, en contraste con una época seca de mayo a setiembre.

4.1.4 Flora y Fauna

Predominan las formaciones vegetales tales como: pajonal, geliturbados, césped de puna y roquedal. Entre las distintas especies de animales se registran vizcachas, huayatas, gallaretas, lagartijas, ganado vacuno, entre otros. En mamíferos tenemos la presencia de pumas, vicuñas y tarucas. En cuanto a tipos de aves que se registran en la zona tenemos el cóndor andino y parihuanas

4.1.5 Topografía y Fisiografía

La Mina Inmaculada se encuentra en una zona la cual es variada cuya característica son las laderas y colinas de relieve ondulado, también cuenta con zonas accidentadas con afloramientos rocosos con pequeñas quebradas con pendientes de entre 45° a 75°.

4.1.6 Geomorfología

La zona donde se encuentra la Unidad Minera Inmaculada presenta características geomorfológicas producto de una sucesión de eventos tectónicos conjuntamente con agentes externos que ejercen una acción modeladora tales como montañas con presencia de hielo, ríos y corrientes de aire los cuales generaron una fuerte erosión y sedimentación de pequeñas partículas.

4.1.7 Hidrología

En la zona de la minera se encuentra la quebrada Quellopata la cual es alimentada en sus nacientes por bofedales, los cuales generan un caudal considerable en temporadas de lluvia está quebrada se une con la denominada quebrada Patari, dicha unión da origen a la quebrada Chaguaya, depositando sus aguas en el río Pucapausa.

Otra quebrada que se ubica en la zona es la denominada Ermo que contiene un flujo de agua rápido y en los periodos de precipitación pluvial que origina una fuerte erosión ocasionando valles en “V” y cañones abruptos.

4.1.8 Método de Minado

En la unidad operativa inmaculada el método de minado que se realiza es corte y relleno ascendente.

4.1.9 Geología regional

En la zona donde se encuentra la mina predominan los macizos volcánicos del Cretácico y Terciario, también se encuentran capas de sedimentarias también intrusivo del periodo Terciario en menor escala.

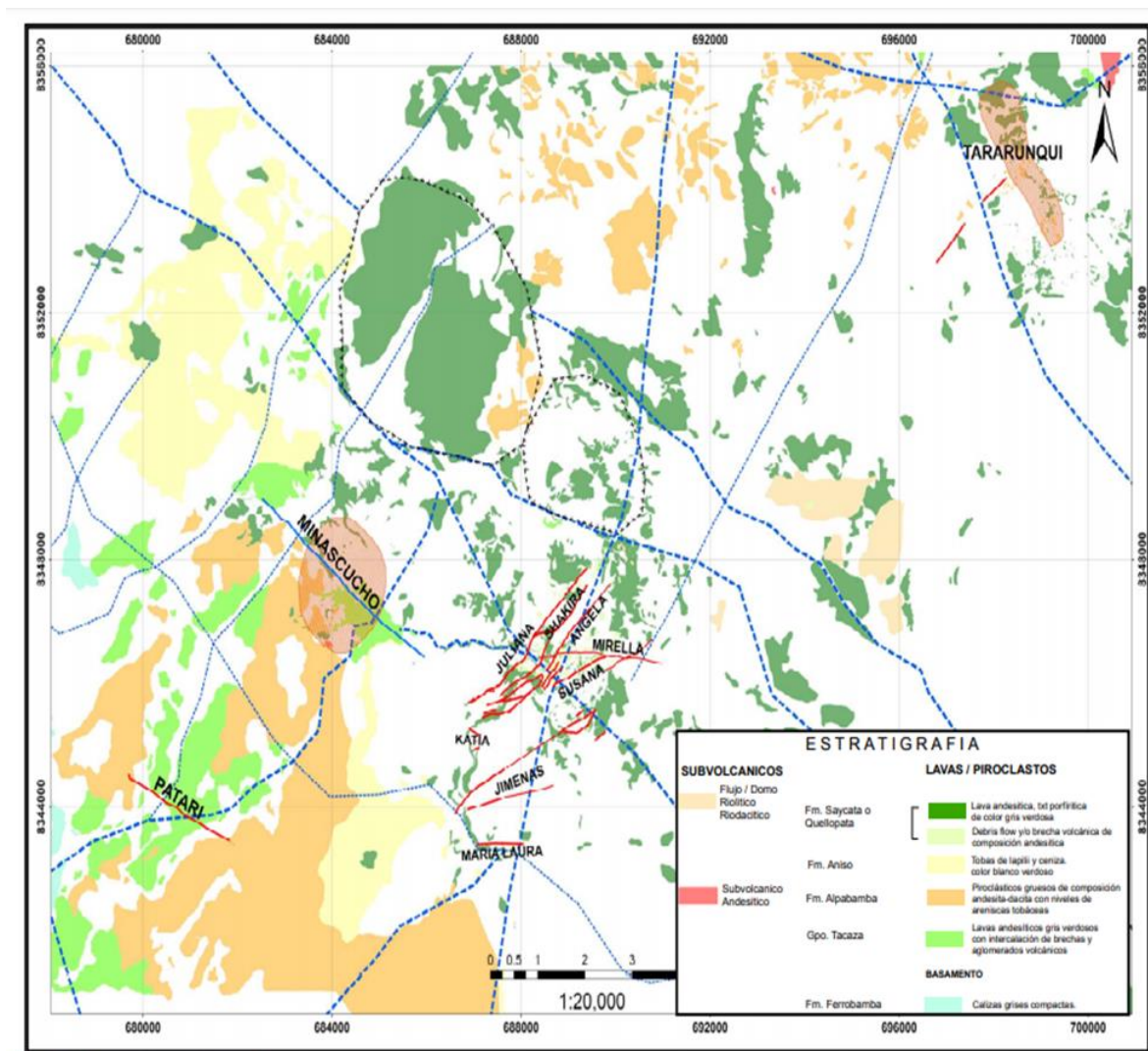
Los almacenes de oro presentes en los yacimientos de la zona se ubican dentro de la franja Cenozoica Puquio – Caylloma.

En las rocas volcánicas se alojan las zonas mineralizadas en escenario sistemática de filones epitermales de silicatos de tipo cuarzo con presencia de Ag – Au incluyendo los yacimientos de poca sulfuración de Pallancata, Ares y Explorador y con un nivel intermedio de sulfuros depositados de Arcata y Caylloma y los yacimientos de mayor sulfatación de Shila, Paula, Selene, Suyckutambo, CHIPO y Pacora.

Cuyas unidades litoestratigráficas van en la línea de tiempo en el orden cronológico desde Mesozoica a cenozoica:

- Formación Soraya (Mesozoico – Jurásico)
- Formación Mara (Mesozoica – Cretáceo Inferior)
- Grupo Tacaza (Cenozoico – Oligoceno Medio – Mioceno Inferior)
 - Unidad Brecha – Debris Flow y Lava Andesítica
 - Unidad Tobas Líticas y Tobas de Lapilli Andesitas
 - Unidad de areniscas y Conglomerados
- Formación Quellopata (Cenozoico – Mioceno)
- Stock Subvolcanicos, Domos y Diques
- Diques de Andesitas
- Unidad Subvolcanica de Pórfido Andesítico Unidad de Domos de Rioluta – Riolutita

Fig. 11 Plano Geología Regional



Fuente: (Departamento de Geología)

4.1.10 Geología local

4.1.10.1 Geomorfología

La Mina Inmaculada se encuentra en la cordillera occidental sur, entre 4000 a 5000 msnm, en donde predominan y resaltan dos unidades geomorfológicas, en cuya primera posición se encuentra la meseta alto andina, cuya característica principal es un relieve plano a ondulada con pequeñas lomadas redondeadas, se encuentran grades extensiones con un grado de desgaste muy baja. En la segunda unidad geomorfológica se encuentran valles alto andinos, cuya

peculiaridad principal es la presencia de franjas muy escarpadas con escabrosos y difícil acceso, cimas con blancos elevados y crestas pronunciadas, encontrándose con un grado de erosión es muy elevada.

El cuerpo mineralizado veta Ángela está establecida por dos quebradas denominados Quellopata y Patari, esta veta se emplaza en el cerro Quellopata en el límite sureste, la cual es una ladera que presenta pequeñas ondulaciones uniformes, con una pendiente que se altera en inclinación de entre 2° y 10°. El cerro Quellopata cuyo pico más alto alcanza los 4735 msnm.

4.1.10.2 Litoestratigrafía

Los depósitos de sedimentos marinos clásticos del Mesozoico de la alineación Soraya de la edad cretácica Media, son las rocas más antiguas dentro del denuncia. Subyacen a la formación Soraya capas rojas de la formación Mara del Cretácico. Las mismas formaciones se reflejan en las cercanías de la zona de influencia o áreas denominadas Minascucho y San Salvador, ubicadas dentro del denuncia. En estos ámbitos, las rocas Mesozoicas comienzan a reflejarse en formaciones discordantes a los sólidos rocosos volcánicas del grupo Tacaza del Oligoceno Medio (30 Ma), las cuales están compuestas por una potencia de 600 a 800 m.

La presencia de minerales distinguidos en la unidad minera se encuentra en los volcánicos del Grupo Tacaza. La sucesión de Tacaza tiene un agregado el cual está formado por una delgada unidad basal de toba de lapilli riódacítica, el cual subyace a una sucesión de secuencia ancha de flujos andesíticos, brechas y tobas. También suceden algunos sedimentos epiclásticos los mismos que son locales y se confinan en las andesitas de forma intercalado.

Se encierran dentro de las rocas Mesozoicas en el basamento de Minascucho y San Salvador pequeños depósitos y diques de composición andesítica. Se estima que éstas componen las formaciones de las brechas y flujos más voluminosos.

Domos riolíticos pequeños, apostados dentro de las andesitas del grupo Tacaza, que se aprecian en el sector suroccidental de Minascucho y Tararunqui.

En los yacimientos de Minascucho y San Salvador, los elementos del grupo Tacaza ubicadas a mayor altitud están compuestas por areniscas laminadas, areniscas tobáceas y conglomerados los mismos que se sedimentaron en un entorno lacustre, dentro de un ambiente tipo graben (el Graben Minascucho). Los sedimentos lacustres pueden lograr una potencia de 40 m aproximadamente. En la esquina suroeste del área de Quellopata, también ocurren sedimentos de origen lacustre.

Tabla 6 Descripción geológica - estratigráfica de la Unidad Minera Inmaculada

Edad	Formación o Grupo	Descripción Litológica	Referencia
Pleistoceno	Grupo Barroso	Secuencia de lavas andesíticas, lahares y brechas con una potencia de 400 m.	
Mioceno	Formación Aniso	Toba cristalina de hasta 200 m de potencia.	Norte
Mioceno	Alpabamba	Secuencia delgada de tobas líticas riódacíticas con una potencia total de 800 m.	
Oligoceno medio	Grupo Tacaza	Secuencia gruesa de lavas andesíticas, brechas y tobas. Identificándose también sedimentos epiclásticos. Unidad basal: tobas de lapilli riódacítica.	Sector Sur occidental de Minas Cucho y en Tararunqui.
Cretáceo medio	Formación Soraya	Sedimentos marinos clásticos; areniscas calcáreas y areniscas de grano fino a medio.	Afloran en Minas Cucho y San Salvador.
Cretáceo	Formación Mara	Capas rojas: limolitas, areniscas y conglomerados de capas gruesas.	

Fuente: (Ingeniería Básica de la Mina Inmaculada, SVS)

Fig. 12 Estratigrafía de la Unidad Minera Inmaculada



Fuente: (Departamento de Geología)

4.1.11 Estratigrafía del cuerpo mineralizado

En la zona perteneciente a Quellopata, existe una estructura mineralizada, filón el cual alberga la veta denominado Ángela en el que se presentan rocas volcánicas intermedias como son brechas y también presentan rocas volcánicas lávicas que son andesitas e intercaladas del grupo Tacaza. Estas erupciones andesíticas son de color verdoso a púrpura y porfíricos y las brechas parecen ser autóctonas. Se han identificado y delineado hasta cuatro flujos lávicos en la zona denominado

Quellopata, los mismos se presentan interpoladas con brechas volcano-clásticas formadas por clastos andesíticos íntimamente en una matriz andesítica. La potencia del cuerpo mineralizado esta aproximadamente entre 0.5 m a 16.0 m, con un promedio que aproxima a 6.0 m. Se visualizaron dos generaciones de zonas mineralizadas en la veta Ángela: un acontecimiento temprano de plomo-zinc y un acontecimiento tardío de oro-plata.

Esta mineralización temprana está compuesta por vetillas de cuarzo blanco con esfalerita, pirita, galena y argentita (en cantidades reducidos). Estas vetillas conforman una cantidad amplia de envolturas de baja ley (0.2 a 1.0% Pb + Zn) que resalta, rodea y recubre, el cuerpo mineralizado de la veta Ángela.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Elaboración de las Mallas de perforación de 12 y 16 pies

Los datos tomados en cuenta para la presente tesis fueron proporcionados por los departamentos de perforación y geología dentro de los cuales tenemos: broca de producción de 45 mm, broca de rimado 102 mm y longitud de la barra de perforación de 12 y 16 pies. Generando un total de 56 Taladros para el área (frente) de perforación, en los que se encuentra 42 taladros cargados. Como medida de control, para una voladura eficiente, controlada se debe de preparar taladros de alivio en todo el contorno del frente de perforación y de esta forma mantener la sección planteada.

Tabla 7 Parámetros de la labor

PARAMETROS DE LA LABOR		
Alto	4	m
Ancho	4	m
Área de la labor	14.52	
Perímetro de la labor	15.24	
Espaciamiento entre taladros	0.55	m
Constante de roca	1.5	Adimensional
Sección de túnel	16.13	m ³
Número de taladros	51.90	Taladros

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 Distancia, coeficiente y dimensión

dt	Distancia entre los taladros de la circunferencia o periféricos		
	Tenaz	0.50 a 0.55	m
	Intermedia	0.60 a 0.65	m
	Friable	0.70 a 0.75	m
c	Coeficiente o factor de roca		
	Tenaz	2.00	m
	Intermedia	1.5	m
	Friable	1.00	m
s	Dimensión del área del túnel m ² (cara libre)		

Fuente: Elaboración propia

5.1.1 Diseño de Malla de perforación de 12 pies

Tabla 9 Cuadro Burden 12 pies

Burden	Fs	Burden Bn (m.)	Bi(m.)
Tajeo	2	0,56	0,49
Contorno	3	0,39	0,32
Cuadradores	4	0,3	0,24
Ayuda	5	0,25	0,18
Arranque	6	0,22	0,15

Fuente: Elaboración propia

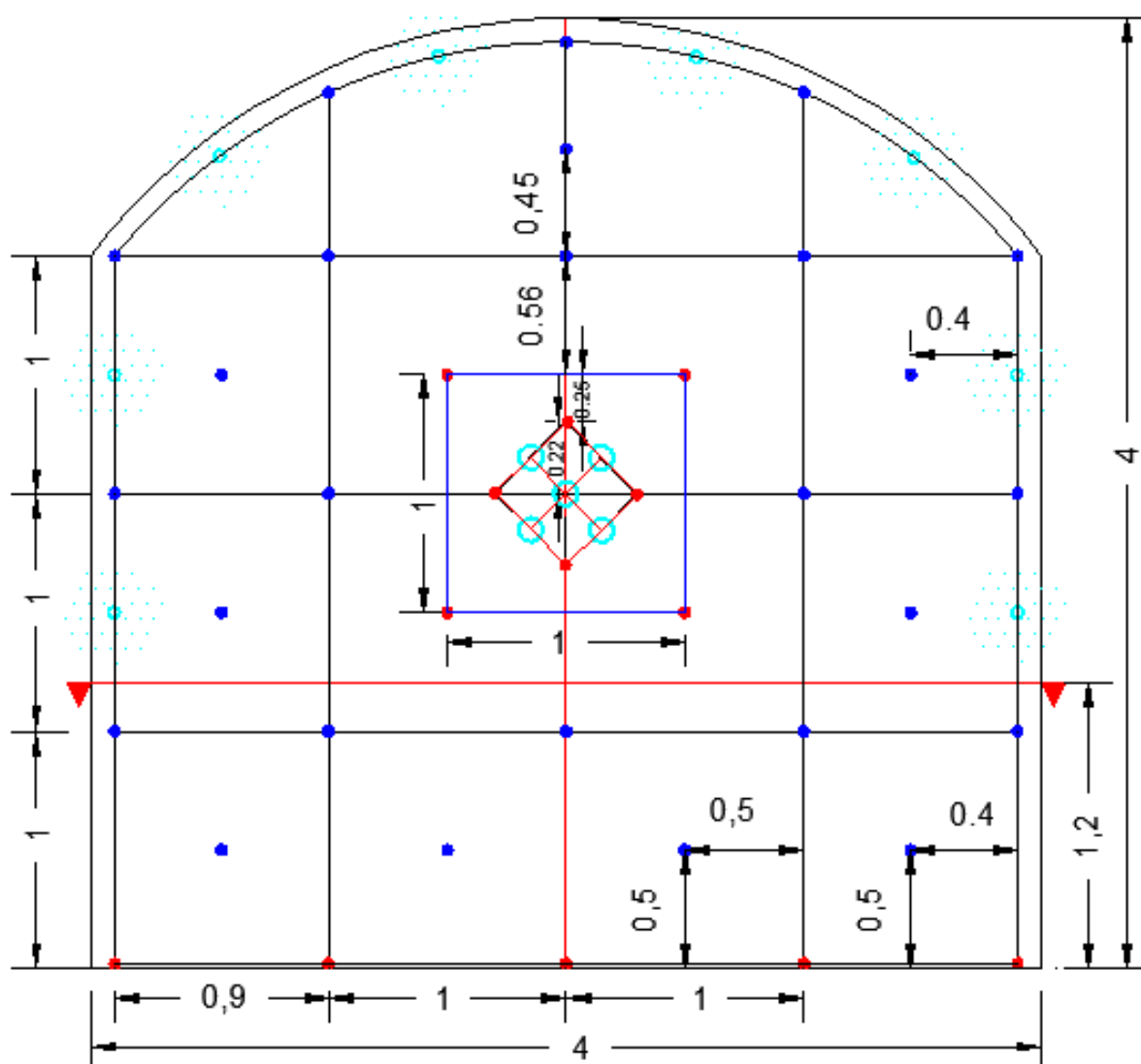
Tabla 10 Diseño de Malla de Perforación de 12 pies

LUGAR:	
Ancho de la labor	4,00 m.
Alto de la labor	4,00 m.
PARAMETROS PERFORACION	
Diámetro del taladro	1,77 pulgadas
Diámetro del taladro de alivio	4,00 pulgadas
Longitud de barra	12 pies
Eficiencia de perforación	90%
PARAMETROS DE EXPLOSIVO CARGA FONDO	
Tipo de explosivo	Emulnor 3000
Densidad del explosivo C.F	1,14 g/cc
Velocidad de detonación C.F	4457,98 m/s
Presión de detonación C.F	56,64 Kbar
Diámetro del explosivo C.F	32,00 mm
Longitud del explosivo C.f	2.96.38 mm
N° de cartuchos C.F	1,00 cartuchos/tal
% de acoplamiento	72%
PARAMETRO DE EXPLOSIVO CARGA COLUMNA	
Tipo de explosivo	Emulnor 3000
Densidad del explosivo C.F	1,14 g/cc
Velocidad de detonación C.F	4457,98 m/s
Presión de detonación C.F	56,64 Kbar
Diámetro del explosivo C.F	32,00 mm
Longitud del explosivo C.f	2.96.38 mm
N° de cartuchos C.F	8,00 cartuchos/tal
% de acoplamiento	80%

PARAMETROS DE LA ROCA O MINERAL		
Tipo	Andesita	
Densidad de la Roca	2,56	TM/m3
resistencia a la Compresión	1274,65	Kg/cm2
Resistencia a la Tracción	9,51	MPA
RMR	55,00	
GSI	50,00	
D	0,50	
N° de fracturas por Metro	8,00	
RQD	80	
RESULTADOS		
presión de detonación	23,21	Kbar
Longitud del taladro	3,29	m.
longitud de carga	2,2	m.
Avance por voladura	3,19	m.
Eficiencia de voladura	96,84	%
Área rota	16,13	m2
Volumen Roto	56,58	m3
TM rotas	144,84	TM
Taladros cargados	42	Taladros
Total de explosivo	102,72	Kg
factor de potencia	0,71	Kg7TM
Factor de carga	1,82	Kg/m3

Fuente: Elaboración propia

Fig. 13 Sección 4.0mx4.0m con RMR 51-60 12pies



Fuente: Elaboración Propia

5.1.2 Diseño de Malla de perforación de 16 pies

Tabla 11 Cuadro Burden 16 pies

Burden	Fs	Burden Bn (m.)	Bi(m.)
Tajeo	2	0,65	0,56
Contomo	3	0,45	0,36
Cuadradores	4	0,35	0,26
Ayuda	5	0,29	0,2
Arranque	6	0,25	0,16

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12 Diseño de Malla de Perforación de 16 pies

LUGAR:	
Ancho de la labor	4,00 m.
Alto de la labor	4,00 m.
PARAMETROS PERFORACION	
Diámetro del taladro	1,77 pulgadas
Diámetro del taladro de alivio	4,00 pulgadas
Longitud de barra	16 pies
Eficiencia de perforación	90%
PARAMETROS DE EXPLOSIVO CARGA FONDO	
Tipo de explosivo	Emulnor 3000
Densidad del explosivo C.F	1,14 g/cc
Velocidad de detonación C.F	4457,98 m/s
Presión de detonación C.F	56,64 Kbar
Diámetro del explosivo C.F	32,00 mm
Longitud del explosivo C.f	2,9638 mm
N° de cartuchos C.F	2,00 cartuchos/tal
% de acoplamiento	72%
PARAMETRO DE EXPLOSIVO CARGA COLUMNA	
Tipo de explosivo	Emulnor 3000
Densidad del explosivo C.F	1,14 g/cc
Velocidad de detonación C.F	4457,98 m/s
Presión de detonación C.F	56,64 Kbar
Diámetro del explosivo C.F	32,00 mm
Longitud del explosivo C.f	2.96.38 mm
N° de cartuchos C.F	12,00 cartuchos/tal
% de acoplamiento	80%

PARAMETROS DE LA ROCA O MINERAL		
Tipo	Andesita	
Densidad de la Roca	2,56	TM/m3
resistencia a la Compresión	1274,65	Kg/cm2
Resistencia a la Tracción	9,51	MPA
RMR	55,00	
GSI	50,00	
D	0,50	
N° de fracturas por Metro	8,00	
RQD	80	
RESULTADOS		
presión de detonación	27,08	Kbar
Longitud del taladro	4,39	m.
longitud de carga	2,9	m.
Avance por voladura	4,29	m.
Eficiencia de voladura	97	%
Área rota	16,13	m2
Volumen Roto	76,05	m3
TM rotas	194,69	TM
Taladros cargados	42	Taladros
Total de explosivo	159,78	Kg
factor de potencia	0,82	Kg/TM
Factor de carga	2,1	Kg/m3

Fuente: Elaboración propia

Fig. 14 Sección 4.0 m x 4.0 m con RMR 51-60 16 pies



Fuente: Elaboración Propia

5.1.3 Secuencia o desarrollo del trabajo.

Fig. 15 Posicionamiento del equipo de perforación



Fuente: Elaboración Propia

Fig. 16 Perforación del frente



Fuente: Elaboración Propia

Fig. 17 Elaboración de canas (voladura controlada)



Fuente: Elaboración Propia

Fig. 18 Carguío del frente



Fuente: Elaboración Propia

Fig. 19 Amarre del frente



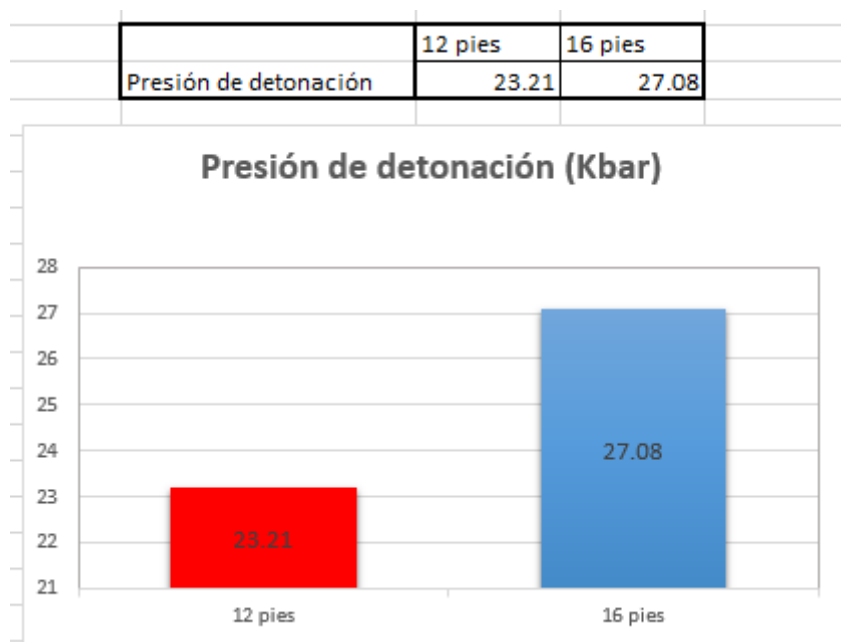
Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 6

RESULTADOS

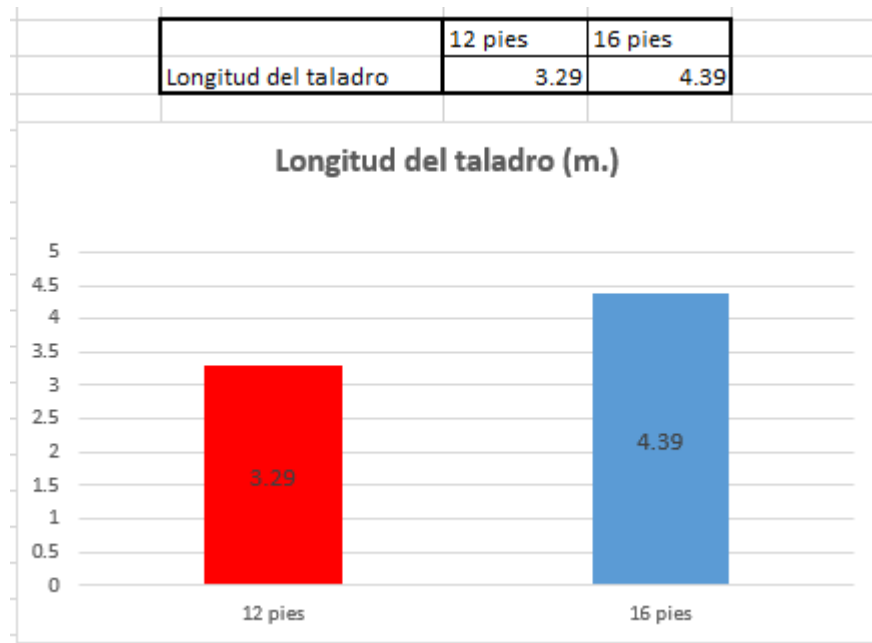
6.1 Comparativa de mallas de perforación de 12 y 16 pies

Fig. 20 Presión de detonación (Kbar)



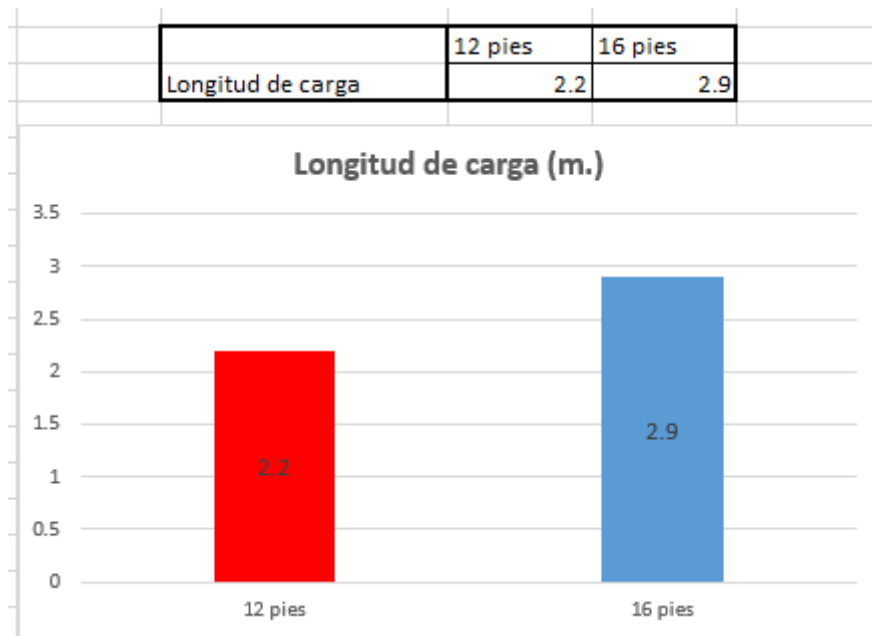
Fuente: Elaboración Propia

Fig. 21 Longitud del taladro (m.)



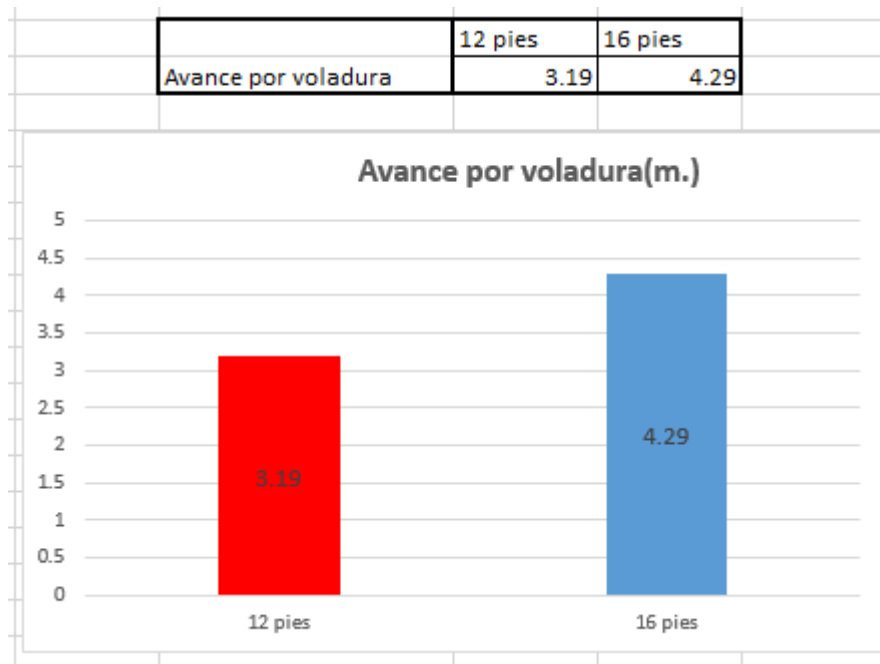
Fuente: Elaboración Propia

Fig. 22 Longitud de carga (m.)



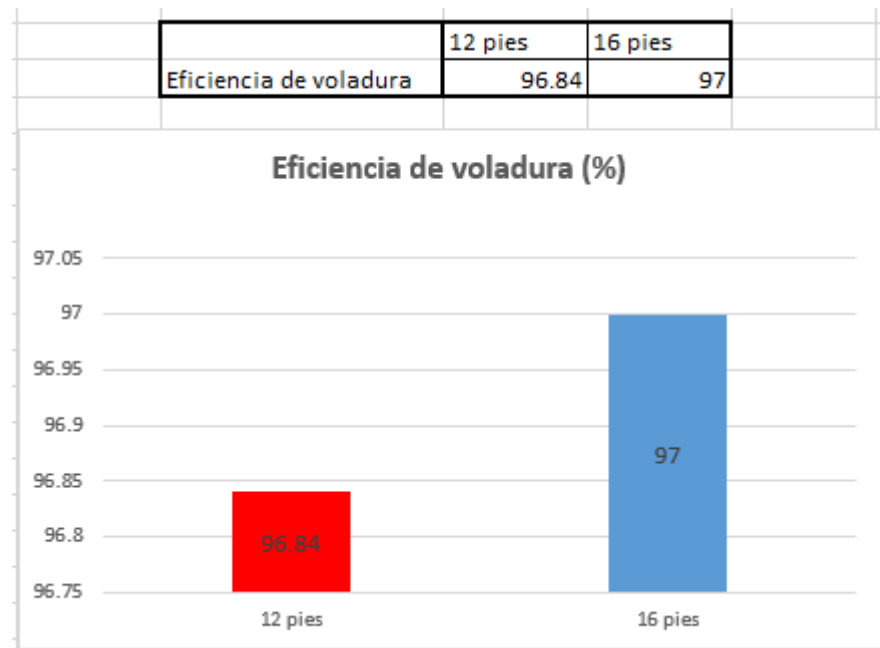
Fuente: Elaboración Propia

Fig. 23 Avance por voladura (m.)



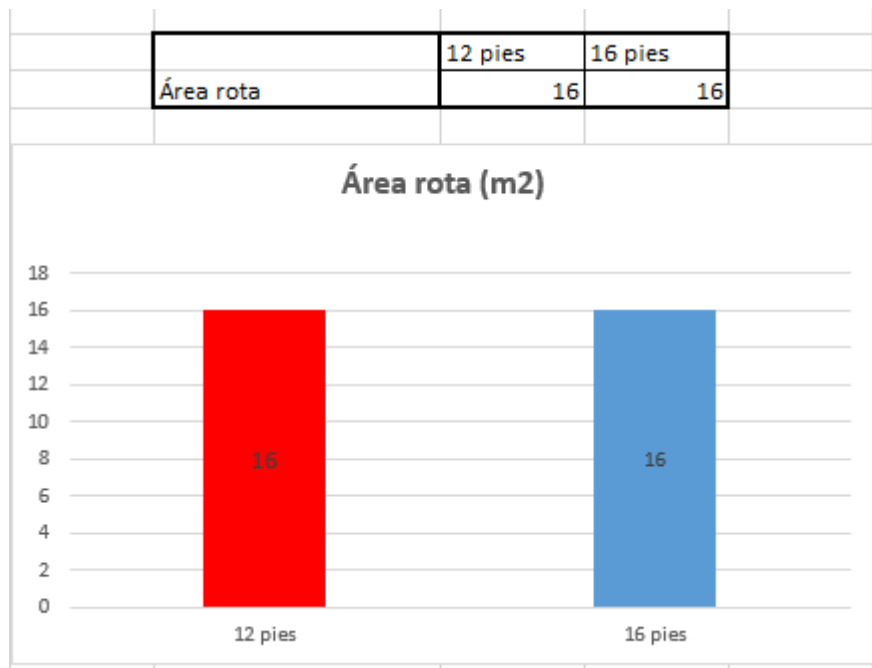
Fuente: Elaboración Propia

Fig. 24 Eficiencia de voladura (%)



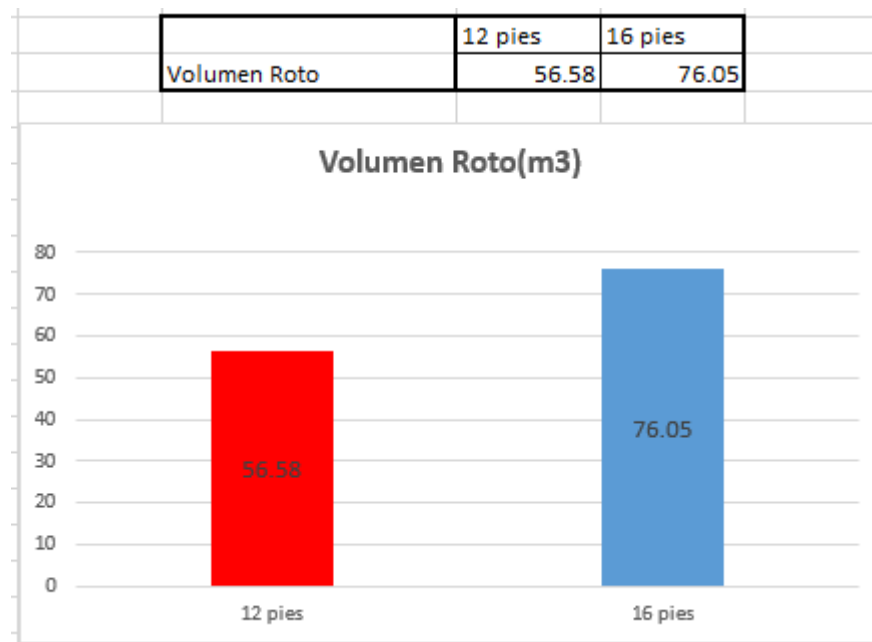
Fuente: Elaboración Propia

Fig. 25 Área rota (m2)



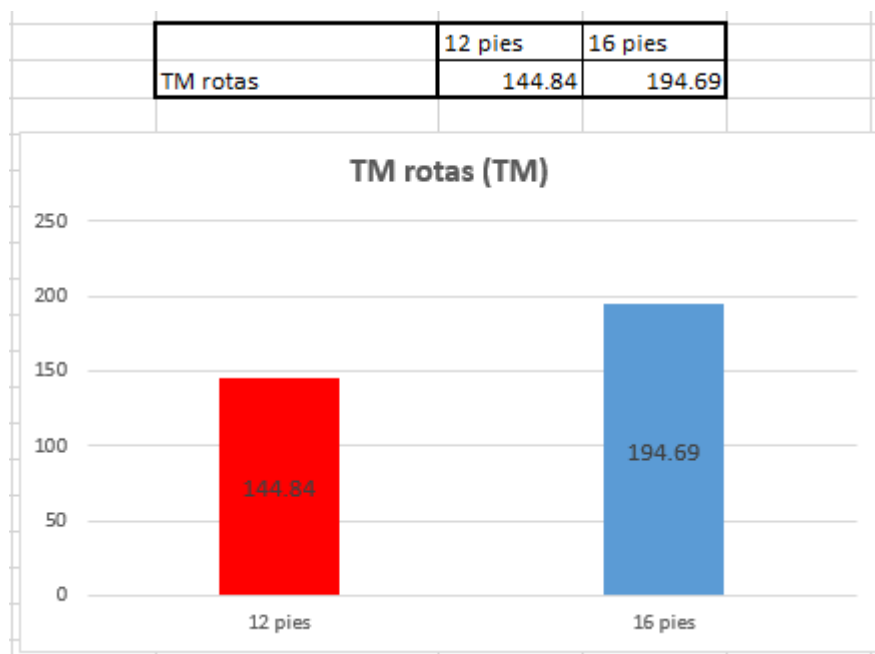
Fuente: Elaboración Propia

Fig. 26 Volumen Roto (m3)



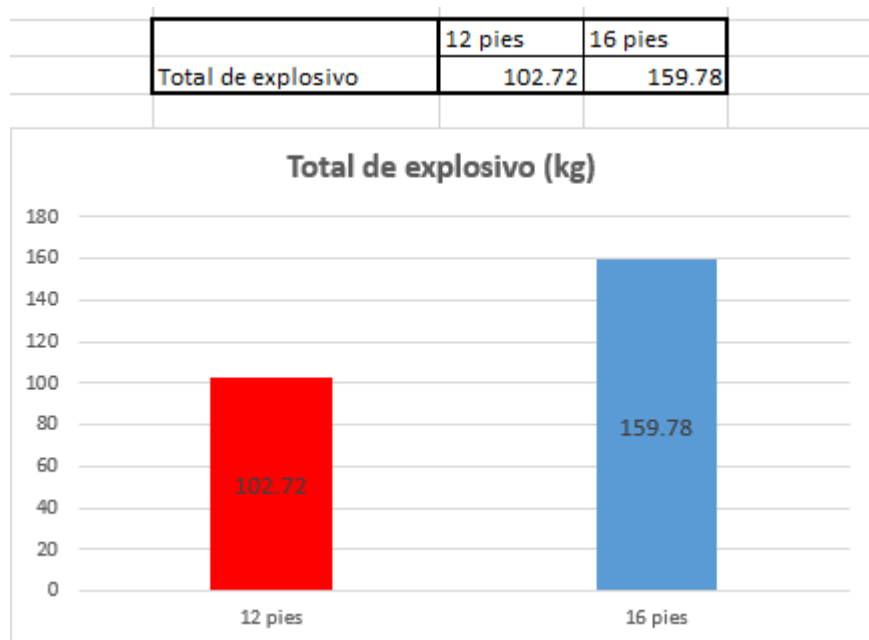
Fuente: Elaboración Propia

Fig. 27 TM rotas (TM)



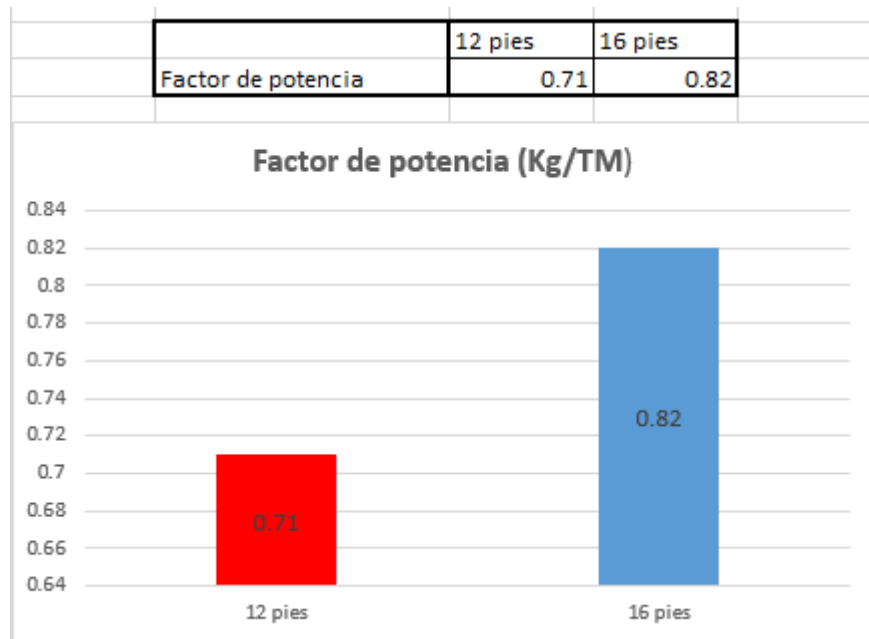
Fuente: Elaboración Propia

Fig. 28 Total de explosivo (kg)



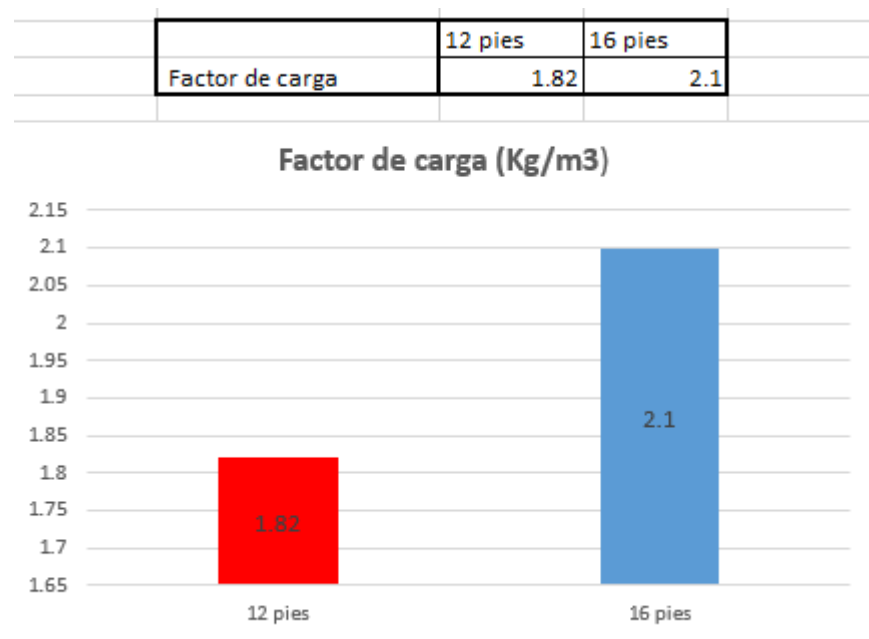
Fuente: Elaboración Propia

Fig. 29 Factor de potencia (Kg/TM)



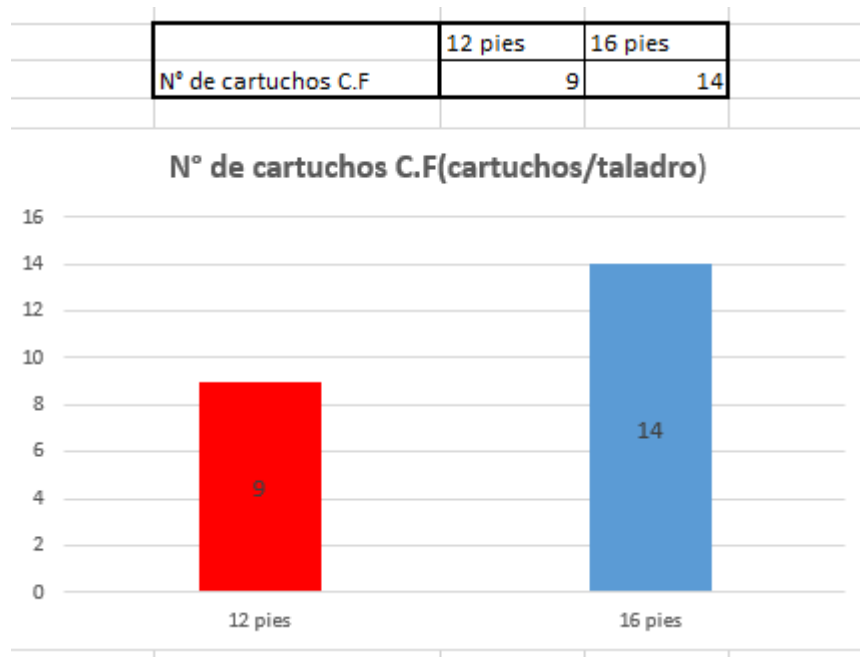
Fuente: Elaboración Propia

Fig. 30 Factor de carga (Kg/m3)



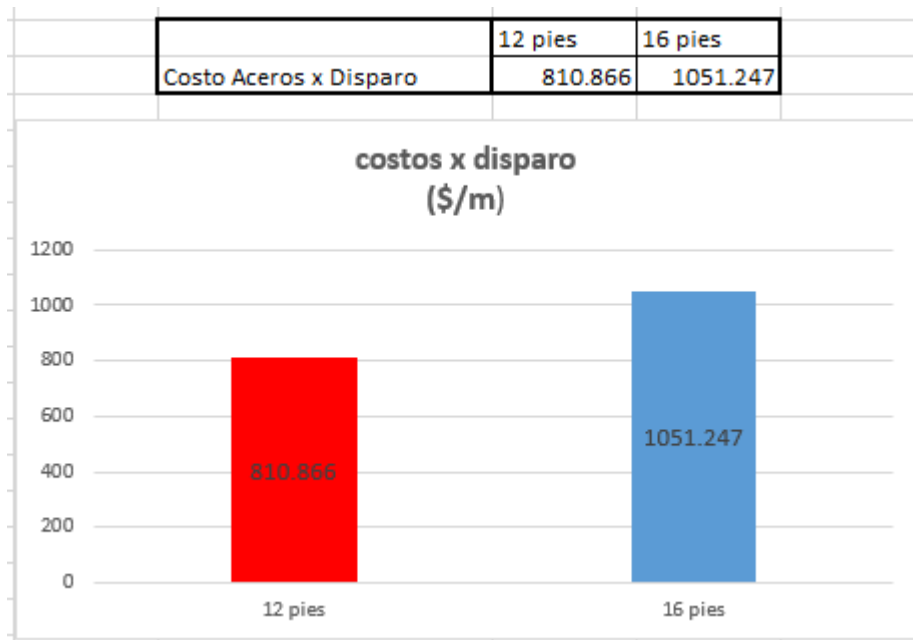
Fuente: Elaboración Propia

Fig. 31 N° de cartuchos C.F (cartuchos/taladro)



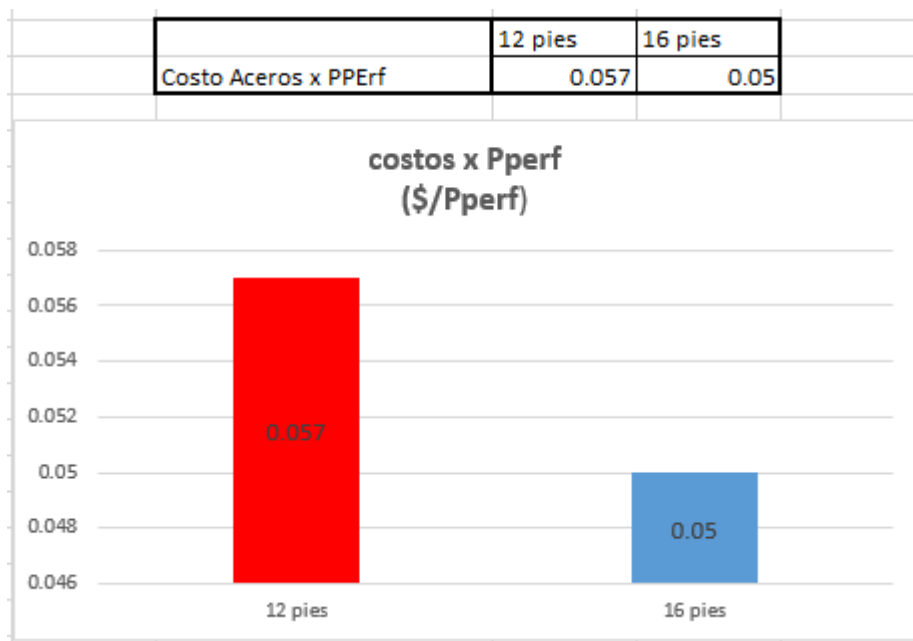
Fuente: Elaboración Propia

Fig. 32 Costos x disparo (\$/m)



Fuente: Elaboración Propia

Fig. 33 Costos x Pperf (\$/Pperf)



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 7

DISCUSION DE RESULTADOS

7.1 DIFERENCIA DE LOS PARAMETROS DE PERFORACION ENTRE BARRENOS DE 12 Y 16 PIES

Los taladros a utilizar en ambos casos serán los mismos, ya que el área de la sección es la misma (secciones 4x4).

Para una perforación de 12 pies el avance esperado es de 3.19 metros en comparación con los 4.26 metros que se lograría con barrenos de 16 pies, sabiendo que un jumbo por guardia solo puede perforar 2 frente, ya que se necesita la labor liberada (sostenida). Este incremento en el avance con los barrenos de 16 pies no va a perjudicar el avance programado por jumbo, ya que en la mayoría de situación el jumbo se encuentra en stand by, porque la labor o frente a perforar no cumple con la condición para que puede ingresar el jumbo a realizar la perforación.

Con respecto a mano de obra la cantidad de colaboradores será el mismo, pero la diferencia se verá en el tiempo de perforación, ya que al ser un barreno de mayor longitud se necesitará un mayor tiempo y cuidado de perforación; siguiendo este criterio la cantidad de aceros a utilizar será mayor en una perforación con barrenos de 16 pies.

La diferencia en tiempo de perforación es de una hora aproximadamente (12 pies en 2.45 horas vs. 16 pies en 3.45 horas), cabe señalar la pericia y experiencia del operador para aumentar o disminuir dicho tiempo. El aumento en el consumo de aceros se verá compensado con un mayor avance y por ende el costo-beneficio para la valorización de fin de mes será positivo para la empresa.

Los parámetros antes mencionados se muestran con mayor claridad en la siguiente imagen como en el capítulo de resultados.

Fig. 34 Cuadro Comparativo perforación 16 y 12 pies

PERFORACION				
<u>Descripción</u>	Barrenos 16 pies	Barrenos 12 pies	<u>Cantidad</u>	<u>Unidad Medida</u>
Sección:			4.0 x 4.0	m
Tipo de Roca:			Regular	
Longitud de barra perforación	16	12		pies
Eficiencia de perforación	14,4	10,8		pies
Eficiencia de voladura			97%	%
Avance/disparo:	4,26	3,19		m
<i>Mano de Obra Directa</i>				h-h
Horas por guardia			10,5	h-h
Operador de Jumbo	3,45	2,45		h-h
Ayudante de jumbo	3	2		h-h
Perforista (limpieza cuneta)	3	2		h-h
Ayudante Perforista	3	2		h-h
Bombero	0	0		h-h
Total horas hombre	6,45	4,45		h-h
<i>Aceros de perforación</i>				
Shank Adapter COP1238xT38	748,8	561,6		p.p
Acople T38/R38	748,8	561,6		p.p
Barra 73246537-20 T38 H35 R32 M	748,8	561,6		p.p
Broca R32x45mm.	748,8	561,6		p.p
Adaptador piloto R32X12'	57,6	43,2		p.p
Broca Escarriadora R32x102mm	57,6	43,2		p.p
Cuneta	0	0		p.p
Servicios	12	12		p.p
Total pies perforados	3122,4	2344,8		p.p
<i>Equipos</i>				
Jumbo	3,5	2,5		hm
Combustible	5,25	3,75		gl
Horas maquina	3,5	2,5		hm

Fuente: Elaboración Propia

7.2 COMPARATIVA DE LOS PARAMETROS EN VOLADURA ENTRE BARRENOS DE 12 Y 16 PIES

Para efectuar la voladura, la cantidad de colaboradores será la misma tanto en 12 como en 16 pies, difiriendo en las horas de carguío de frente (12 pies en 3.5 horas vs. 16 pies en 4.6 horas) este tiempo va a depender de la habilidad de los cargadores y condiciones en las que se encuentra en frente después de ser perforado.

En cuanto al indicador de presión de detonación la diferencia se encuentra en la cantidad de explosivos a utilizar entre un barreno de 12 y 16 pies.

Al perforar una longitud mayor el avance esperado será mayor, teniendo una diferencia de casi un metro por disparo, la eficiencia de voladura será casi la misma; ya que este factor no depende de la longitud perforada, siendo para ambos casos un 97% aproximadamente.

El volumen volado aumentara en el caso de 16 pies por el mismo hecho que se utilizara un barreno de mayor longitud (12 pies en 56.58 m³ vs. 16 pies en 76.05 m³). Las toneladas rotas serán (12 pies en 144.84TM vs. 16 pies en 194.69 TM).

La cantidad de explosivo al utilizar para un barreno de 16 pies será de 159.78 vs. 102.72 en 12 pies), esta diferencia se debe a una mayor longitud perforada. En cuanto a factor de potencia, factor de carga y factor de avance los resultados serán similares, ya que se basan en metros volados vs kilos de explosivos.

Los parámetros antes mencionados se muestran con mayor claridad en la siguiente imagen como en el capítulo de resultados

Fig. 35 Cuadro Comparativo voladura 16 y 12 pies

VOLADURA				
<u>Descripción</u>	Barrenos 16 pies	Barrenos 12 pies	<u>Cantidad</u>	<u>Unidad Medida</u>
Sección:			4.0 x 4.0	
Tipo de Roca:			Regular	
Nro. Taladros perforados	52	52		tal
Nro. Taladros cargados	42	42		tal
Nro. Taladros rimados	4	4		tal
Taladros/disparo	52	52		tal
<u>Mano de Obra Directa</u>				
Horas por guardia			10,5	h-h
Maestro cargador (+ pintado malla)	4,6	3,5		h-h
Ayudante cargador	4,6	3,5		h-h
Total horas hombre	9,2	7		h-h
<u>Cantidad de Explosivos & Acc.</u>				
Emulnor 1000 1 1/4 x 12	250	150		cart
Emulnor 3000 1 1/4 x 12	235	188		cart
Carmex x 2.10 MTS.	2	2		und
Mecha Rapida Z-18	0,5	0,5		m
Fanel x 4.20 mts perido corto	4	4		und
Fanel x 4.20 mts perido largo	42	40		und
Cordon Detonante 3P	40	40		m
Factor de avance	38,71	27,05		Kg/ml

Fuente: Elaboración Propia

7.3 COMPARATIVA DE LOS PARAMETROS DE COSTOS ENTRE BARRENOS DE 12 Y 16 PIES

En costo por perforación en barrenos de 16 pies será de 0.05 vs. 0.057 en 12 pies, esta diferencia se debe a la sumatoria de los metros perforados con relación a la operatividad del jumbo.

El costo de voladura en barrenos de 16 pies será 1051.24 vs 810.86 en 12 pies, esta diferencia se debe a mayor cantidad de explosivo que ingresa en el barreno de 16 pies, pero al tener un mayor avance al momento de valorizar las ganancias de la empresa

serán mayores, ya que se tendrá un mayor número de metros volados con la misma cantidad de disparos efectuados en el mismo tiempo.

CONCLUSIONES

Se determinan las siguientes conclusiones:

- Como primera conclusión: Aprobar la hipótesis la cual propone el diseño de una malla de perforación aplicando barrenos de 16 pies que es más viable en costos de avance en relación de una malla de perforación de 12 pies estándar en labores de desarrollo en la U.O. Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C. Comprobándose que el diseño de la malla de 16 pies es más viable técnicamente y económicamente debido a un avance mayor con un costo beneficio positivo para la empresa.
- Como segunda conclusión: Es viable el diseño de una malla de perforación y voladura para una malla de 16 pies, aplicando este diseño en labores de desarrollo realizadas en la U.O. Inmaculada. Las dimensiones para la labor fueron de 4.0 mts x 4.0 mts, dando como resultado un número de 52 taladros.
- Como tercera conclusión: El tipo de roca predominante de la Mina Inmaculada la cual pertenece a la Sociedad Minera Ares SAC. Es de tipo Regular (III-B) con alta presencia de Lavas Andesíticas.
- Como cuarta conclusión: En la zona donde se desarrolla el proyecto el macizo rocoso cumple con la siguiente característica con un GSI de 40 a 60 en promedio. Como un adicional en la zona donde se desarrolló el proyecto contamos con un RQD de 80 con un número de fracturas de 8/m. en promedio.

- Como quinta conclusión: El estudio económico del diseño de la malla de perforación de 16 pies y 12 pies los resultados obtenidos comparando ambos diseños son: costo por disparo en el caso de 12 pies es 810.86 dólares, mientras que el de 16 pies el resultado es 1051.24 dólares. Además, en el costo de acero de perforación en la malla de 12 pies es 0.057 dólares, mientras que en la de 16 pies el resultado es 0.05 dólares.
- Como sexta conclusión: Del mismo modo, en el beneficio percibido, por la implementación de una malla de 16 pies va hacer más viable por un mayor avance lineal por disparo que la de 12 pies. El conocimiento adquirido tanto en la vida universitaria y en el ámbito laboral, nos permitió optimizar los costos por metro perforado, guiándonos en parámetros geomecánica y técnicos en perforación y voladora.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar un explosivo adecuado al tipo de roca que se va a volar (Emulsiones) cuyas características nos permitan controlar el factor de carga, y de potencia, para mitigar una sobre rotura innecesaria.
- Hacer inspecciones y supervisiones en la tarea de perforación, para evitar una mala práctica en la operación de la perforación. Controlando la desviación del taladro, el paralelismo y controlando los indicadores técnicos establecidos en el dibujo de la malla de perforación. Evitando así tiros soplados o deficientes.
- Se recomienda una mayor comunicación entre las áreas de perforación y topografía para evitar cambios inesperados en el tipo de roca en la zona de laboreo y así asegurar un mejor rendimiento.
- Generar una cultura de compromiso hacia la compañía en la cual sea prioridad buscar una mejora constante en los procedimientos de trabajos de la Unidad Operativa Inmaculada.
- Incentivar a la elaboración e implementación de nuevas técnicas para la realización de una voladura controlada, adecuada. Aplicando una malla de perforación que genere una mayor rentabilidad para las empresas mineras.

ANEXOS

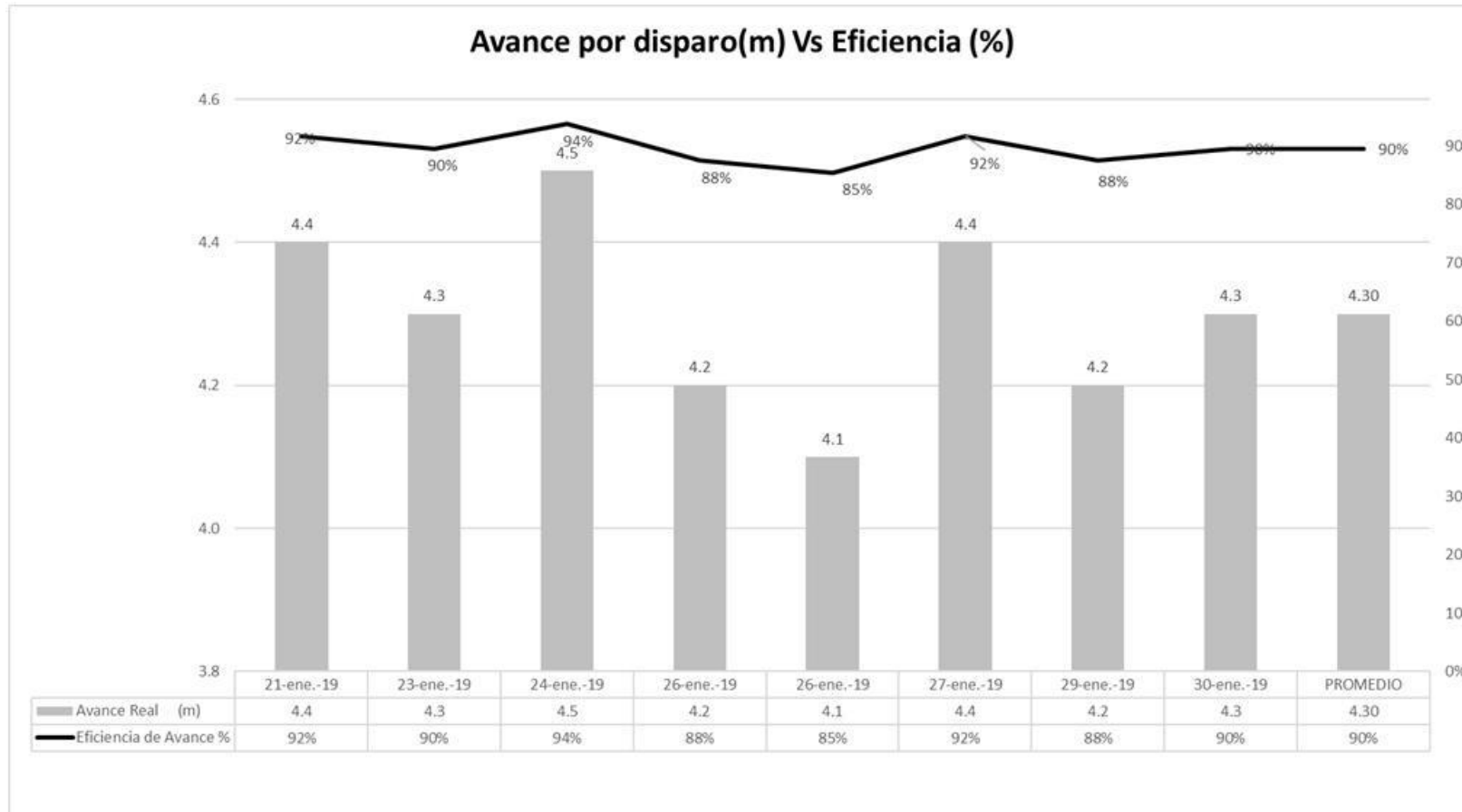
Anexo 1 Matriz de Consistencia

TÍTULO: Reduccion y optimizacion de costos en perforacion y voladura implementando barrenos de 16 pies para labores de desarrollo en la U.O. Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C.									
Problema Principal	Formulación del problema		Objetivos		Hipótesis	Variables	Indicador	Escala de medición	Diseño de Investigación
	Interrogante Principal	Interrogante Secundaria	Objetivo Principal	Objetivo Secundario	Hipótesis Principal				
PROBLEMA PRINCIPAL: No se ha realizado una mejora técnica - económica en el diseño de la malla de perforación y voladura para labores de desarrollo, aplicando barrenos de 16 pies en la U.O. Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C.	¿Se puede realizar una mejora técnica - económica en el diseño de la malla de perforación y voladura para labores de desarrollo, aplicando barrenos de 16 pies en la U.O. Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C.?	¿Cómo será el diseño de la malla de perforación y voladura aplicando barrenos de 16 pies?	Realizar una mejora técnica - económica en el diseño de la malla de perforación y voladura para labores de desarrollo, aplicando barrenos de 16 pies en la U.O. Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C.	Diseñar la malla de perforación y voladura aplicando barrenos de 16 pies	H1: El diseño de una malla de perforacion aplicando barrenos de 16 pies es más factible en costos de avance en comparación de una malla de perforacion de 12 pies estandar en labores de desarrollo en la U.O. Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C. H0: El diseño de una malla de perforacion aplicando barrenos de 16 pies es menos factible en costos de avance en comparación de una malla de perforacion de 12 pies estandar en labores de desarrollo en la U.O. Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C.	Variable independiente: Analisis de costos en el diseño de la malla de perforacion aplicando barrenos de 16 pies.	Marcado de malla de perforación	Tiempo	Tipo de Investigación: No Experimental Nivel de Investigación: - Descriptivo - Correlacional
		¿Cuál es el tipo de roca predominante en el macizo rocoso?		Determinación tipo de roca predominante en el macizo rocoso			Estado del Equipo	Disponibilidad mecanica	
		¿Cómo es la caracterización geomecánica en labores de preparacion para el diseñar la malla de perforacion de la U.O. Inmaculada?		Aplicar la caracterización geomecánica en labores de preparacion para el diseñar la malla de perforacion de la U.O. Inmaculada			Costos de aceros	\$/m avance	
		¿Cuáles son los resultados del análisis de costos en la implimentacion de la malla de 16 pies para labores de desarrollo en la U.O. Inmaculada?		Realizar el análisis de costos en la implimentacion de la malla de 16 pies para labores de desarrollo en la U.O. Inmaculada		Variable dependiente: Diseño de la malla de perforacion aplicando barrenos de 16 pies para labores de desarrollo en la U.O. "Inmaculada"	Perforación del frente	Tiempo	
		¿Cuál es la diferencia entre los resultados obtenidos con la implementacion de la malla de perforacion aplicando barrenos de 16 pies y malla estandar utilizada de 12 pies?		Analizar resultados obtenidos con la implementacion de la malla de perforacion aplicando barrenos de 16 pies y malla estandar utilizada de 12 pies			Taladros perforados	Número de taladros	
							RMR	Parámetros de clasificación RMR (de 0 a 100)	
							carga explosiva	numero de cartuchos por taladro	

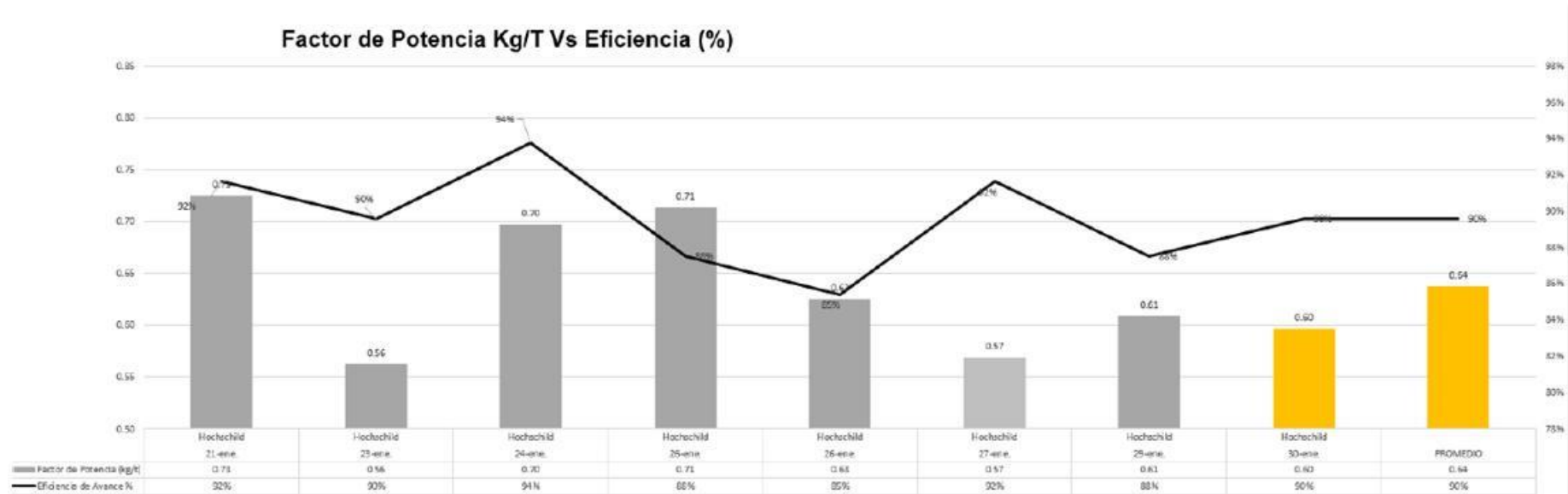
Anexo 2 Parámetros tomados en campo

Fecha	Avance Real (m)	Tal. Perforados	Tal. Cargados	long. de perforación	Emulnor 3000 1 1/4" x 12" (Pzs)	Emulnor 1000 1 1/4" x 12" (Pzs)	Cordón Det. (m)3P	Carmex 7' (pzas)	Mecha Rápida (m)	Eficiencia de Avance %	Factor de Carga Lineal (kg/m)	Factor de Carga (Kg/m ³)	Sobrerotura (%)	Tiempo de Marcado de Malla	Tiempo de Perforación	Tiempo de Carguio
21-ene.-19	4.4	52	42	4.5	270	297	80.0	2.0	0.5	92%	33.2	1.96	10.00%	00:40:00	03:10:00	01:10:00
23-ene.-19	4.3	52	42	4.5	235	250	80.0	2.0	0.5	90%	29.1	1.52	19.63%	00:35:00	03:20:00	01:00:00
24-ene.-19	4.5	52	42	4.5	270	287	80.0	2.0	0.5	94%	31.9	1.88	10.00%	00:35:00	03:10:00	01:25:00
26-ene.-19	4.2	52	42	4.5	270	297	80.0	2.0	0.5	88%	34.8	1.93	12.88%	00:40:00	03:50:00	01:10:00
26-ene.-19	4.1	52	42	4.5	235	250	80.0	2.0	0.5	85%	30.5	1.69	12.88%	00:40:00	03:10:00	01:10:00
27-ene.-19	4.4	52	42	4.5	235	250	80.0	2.0	0.5	92%	28.4	1.54	15.50%	00:35:00	03:00:00	01:25:00
29-ene.-19	4.2	52	42	4.5	270	297	80.0	2.0	0.5	88%	34.8	1.64	17.50%	00:40:00	03:10:00	01:25:00
30-ene.-19	4.3	52	42	4.5	235	250	80.0	2.0	0.5	90%	29.1	1.61	12.88%	00:35:00	03:00:00	01:25:00
PROMEDIO	4.30	52.00	42.00	4.50	252.50	272	80.00	2.00	0.50	90%	31.46	1.72	13.91%	00:37:30	03:13:45	01:16:15

Anexo 3 Avance disparo vs eficiencia



Anexo 4 Factor potencia



BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. V. Guzmán García y Y. V. Sánchez Villarreal , Optimización en los procesos de perforación y voladura en el avance de la rampa en la mina Bethzabeth, Quito: UCE., 2012.
- [2] A. A. Music Garrido, Diagnostico y Optimización de disparos en desarrollo horizontal, mina El TENIENTE, Santiago: Universidda de Chile, 2007.
- [3] C. Ayamamani Pachari, «“Diseño de Perforación y Voladura y su Incidencia en los Costos Unitarios en BALCÓN III de la CORPORACIÓN MINERA ANANEA S. A.”,» Universidad Nacional del Altiplano, 2016.
- [4] J. J. Ríos Infantes , «“Mejoramiento en los Estándares de Perforación y Voladura para la Reducción de los Costos Operativos en la empresa minera, LA LIBERTAD, 2018”,» Universidad Privada del Norte, 2019.
- [5] G. C. Cairo Camarena, «Diseño de malla de perforación y voladura para estandarizar en el método de Explotación Sublevel Caving en el tajo 6950 zona II cuerpo Esperanza Mina Central Yauricocha 2018,» Huancayo, Universidad Continental, 2019.
- [6] W. Y. Supo Ramos, «Control y estandarización de costos de perforación y voladura para mejorar los parámetros técnicos en CIA. Minera Yanaquihua,» Arequipa- Perú, Universidad Nacional de Ssn Agustín de Arequipa, 2019.
- [7] K. Rojas Aparco y Y. P. Flores Solano, «“Diseño de Malla de Perforación y Voladura para la Disminucion de Costos en el Nivel 1590 Crucero 520 de la U.E.A. CAPITANA - CORPORACION LACES S.A.C. MINERIA Y CONSTRUCCION - Caraveli - Arequipa”,» Huancavelica - Perú, Universidad Nacional de Huancavelica, 2017.
- [8] N. Quispe Centeno , «“Diseño de Mallas de Perforación y Voladura y su Incidencia en Costo Unitario en la UNIDAD MINERA CHALHUANE”,» Arequipa- Perú, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019.

- [9] J. Bernaloa Alonso , J. Castilla Gómez y J. Herrera Herbet, «Perforacion y Voladura de Rocas en Minería,» Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, 2013.
- [10] R. W. Ojeda Mestas, Diseño de mallas de peforación y vodura subterránea aplicando un modelo matemático de áreas de influencia, 2014.
- [11] McKenzie Cameron, Estado del Arte de la Voladura, 1994.
- [12] J. García Colín, Contabilidad de Costos, Ciudad de Mexico: Mc Graw Hill, 2008.
- [13] C. del Río González, Contabilidad de costos, México: ECAFSA, 2000.
- [14] D. R. G. Cristóbal, COSTOS-II, Thomson Learning, 2001.
- [15] C. M. Martinez Stone, «Evaluación Económica e Inversión sobre un Condominio Horizontal en la Delegación Álvaro Obregón,» Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico , 2002.
- [16] Chura Cahuana Heinz M., Geomecánica dinámica en el mejoramiento de radio de influencia efectiva en voladura de taladros largos de la unidad operativa inmaculada, Hochschild Mining – Ayacucho, Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2018.